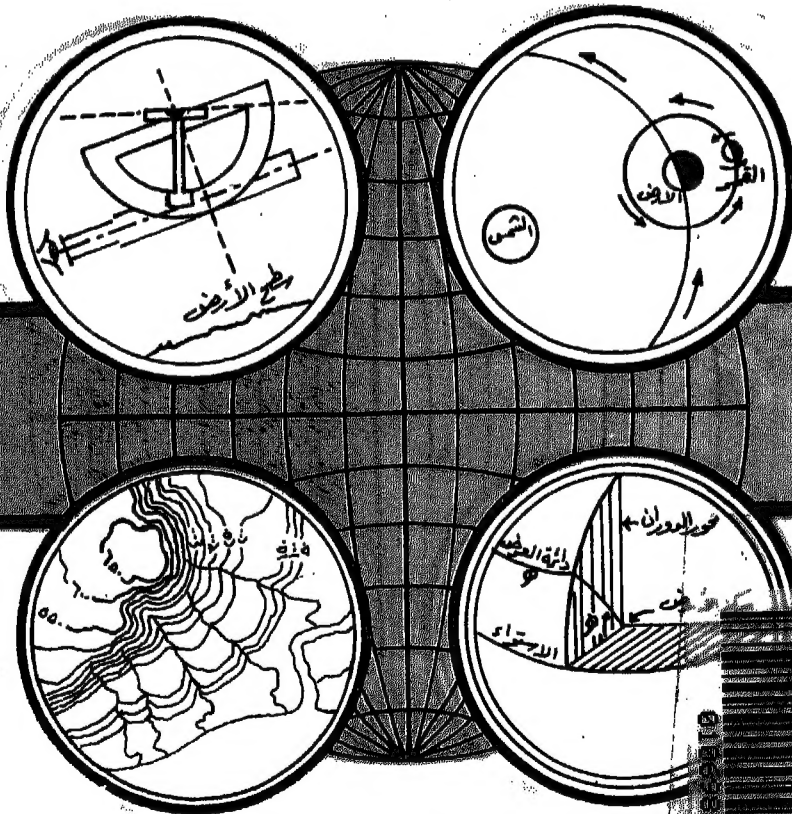


الجغرافيا العملية والخرائط

دكتور
أحمد أحمد مصطفى
قسم الجغرافيا - كلية الآداب
جامعة الإسكندرية



0100002

Bibliotheca Alexandrina

الجغرافية العملية والخرائط

الجغرافيا العملية واخترائط

دكتور
أحمد رأيت مصطفى
قسم الجغرافيا - كلية الآداب
جامعة الإسكندرية

٢٠٠٠

دار المعرفه الجامعيه
٤٠ شارع سويف - الطوار - ٤٨٣٠١٦٣
٣٨٧ شارع النور - السكينة - ٥١٧٣١٤٦

إهداء

اليها ... في أوفى صحبة

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

مقدمة

بسم الله الرحمن الرحيم ، والصلاة والسلام على اشرف المرسلين وخاتم النبيين ، سيدنا محمد بن عبد الله وعلى آله وصحبه ومن دعا بدعوته واهتدى بهديه الى يوم الدين ، وبعد .

هذا الكتاب حصيلة تدريس دام نحو خمسة عشر عاما فى اقسام الجغرافيا بجامعة الاسكندرية وطنطا والامام محمد بن سعود الاسلامية بالملكة العربية السعودية وصنعاء بالجمهورية العربية اليمنية ، فضلا عن حصيلة الخبرات التى تجمعت لدى خلال ممارستى لأعمال المساحة وانشاء الخرائط فى قطاع التعدين والمساحة الجيولوجية بشركة النصر للفوسفات لمدة سبع سنوات سابقة للعمل بالجامعة ، وهى حصيلة لا تقل أهميتها - فى نظرى - عن خبرات التدريس بالجامعات التى يلزمها الاستعانة بالعديد من المراجع باللغتين العربية والانجليزية، والمناقشات القيمة بينى وبين اساتذتى وزملائى وطلابى .

وقد وضعت فى اعتبارى عند اعداد هذا الكتاب مستوى المام طلاب الجغرافيا فى المرحلة الجامعية الاولى من علوم الرياضيات والفلك والجيولوجيا دون الاخلال بالمحتوى العلمى لأسس هذا الفرع من المعرفة الجغرافية . ومن نافلة القول ، أن الجغرافيا تتصل بعلوم عديدة فى جانبها الطبعى والبشرى . والخريطة هى أداة الجغرافى ، منها يستقى الكثير من مادته بقراءتها ، وعليها يوقع بياناته خاصة تلك المتصلة منها بعلوم الأرض التى ربما الكثير منها لا يمكن وصفها وشرحها بدون الخريطة ، وبها يستطيع ابراز العلاقات واستخلاص النتائج ، وبلورة ما يصل اليه فى اطار جغرافى سليم . وقد تمت صياغة هذا الكتاب فى أسلوب علمى سهل بحيث يمكن للطلاب متابعته وتطبيق أمثله دون مشقة أو عناء .

ويقع الكتاب فى ثلاثة أبواب تشتمل على سبعة عشر فصلا : الباب الأول فى الجغرافيا العملية ، وهى فرع من فروع الجغرافيا الطبيعية . وتتصل الجغرافيا الطبيعية عند معالجتها لبيئة المكان الذى يمارس فيه الانسان نشاطه بالعديد من علوم الأرض Earth Sciences . ويمكن دراسة هذه البيئة الطبيعية على مستويات Scales مختلفة . فقد تكون الدراسة على مستوى كوكب الأرض ، وقد تكون على مستوى القارة أو الاقليم أو الدولة ، وهكذا يأخذ المستوى فى الصغر حتى المكان المحدود فيما يعرف بالدراسات الميكروسكوبية Microstudies وبذلك يختلف كل من منهج الدراسة والأدوات التى يمكن الاستعانة بها فى تحقيق الهدف . وتحتل الجغرافيا العملية مكان الصدارة فى دراسة البيئة الطبيعية على مستوى كوكب الأرض ، اذ يعتبر شكل الأرض وخصائصه الهندسية أول الحقائق الجغرافية . والعلاقة بين الأرض وكل من الشمس والقمر لها تأثير بالغ على خصائص تلك البيئة الطبيعية ونشاط الانسان فيها . ويمكن ادراك هذا التأثير من معرفة أن الطاقة اللازمة للحياة وللقوى المحركة للمياه الجارية والرياح والتيارات البحرية والمحيطية مصدرها الطاقة المنبعثة من الشمس التى تتغير خلال اليوم الواحد وخلال السنة . لذا فان فهم طبيعة حركة الأرض حول محورها وحركتها فى مدارها حول الشمس وحركة القمر حولها تعتبر من الأسس الأولية التى تهتم بها الجغرافيا الطبيعية .

ويعالج الباب الثانى مبادئ المساحة المستوية والطبوغرافية والجوية التى تساعد الجغرافى على تفهم خريطته - أدواته - ، كما تساعد على تعديلها بالحذف والاضافة . فالخريطة صحيحة فى لحظة انشائها ، ويستخدمها الجغرافى وقتما يشاء ، والفاصل الزمنى بين الانشاء والاستخدام قد يكون كبيرا ، بينما الظواهر الجغرافية فى تغير مستمر . وقد لا تغطى الخرائط المتاحة بعض أو كل منطقة الدراسة ، لذلك فمن الأهمية بمكان أن يعرف الجغرافى قدر من العمليات الساحية وأسسها الرياضية لتعديل أو لانشاء خريطته المطلوبة . ويلزم فى الدراسات الجيومورفولوجية القيام ببعض القياسات الطولية والزاوية للظواهر المختلفة والمنحدرات لتحليلها .

وتعتبر القياسات من الصور الجوية وتفسيرها من الاسر التى لا غنى عنها
فى الدراسات الجغرافية المختلفة .

ويعالج الباب الثالث الخرائط فى أسس قراءتها العامة، ومما لا شك فيه
تعتبر الخريطة من المقومات الجغرافية الأساسية، وفى الحقيقة، فإن الخرائط
علم تقنى ، ولكنه يستحق مكانة متقدمة فى الموضوعات الجغرافية ، ذلك
لأنه يقدم وسائل وطرق التمثيل والتفسير والتوضيح للمعلومات الجغرافية
المختلفة .

وانى اذ أتقدم بهذا الجهد المتواضع الذى أضيفه الى المكتبة الجغرافية
العربية ، لابد لى أن أذكر فضل أساتذتى الذين تتلمذت على أيديهم أو
الذين تعلمت مما كتبوه ، وأولهم وأولاهم به استاذى الأستاذ الدكتور على
عبد الوهاب شاهين استاذ الجغرافيا العامة بجامعة بيروت العربية حالياً،
وأستاذ ورئيس قسم الجغرافيا بجامعة الاسكندرية سابقاً . والأستاذ الدكتور
جودة حسنين جودة استاذ ورئيس قسم الجغرافيا ووكيل كلية الآداب بجامعة
الاسكندرية اللذان شجعانى كثيراً ليخرج هذا الكتاب الى النور . كما أوجه
الشكر الى السيد/صابر عبد الكريم صاحب ومدير مؤسسة دار المعرفة
الجامعية على تفضله فى نشر هذا الكتاب ، وكذلك السيد/سعيد عبد الغنى
صاحب ومدير الفنية للطباعة والنشر على جهده الكبير فى اخراج هذا الكتاب
بصورته اللائقة .

(والله من وراء القصد ومنه التوفيق)

الاسكندرية - أكتوبر ١٩٨٥

أحمد مصطفى

مقدمة الطبعة الثانية

الحمد لله رب العالمين ، والصلاة والسلام على خاتم أنبيائه المرسلين ، سيدنا محمد عليه الصلاة وأفضل التسليم ، وعلى آله وصحبه ومن دعا بدعوته واهتدى بهديه الى يوم الدين ، وبعد . . .

أقدم لاساتذتى وزملائى وطلابى الطبعة الثانية من كتاب الجغرافيا العملية والخرائط بعد أن نفذت الطبعة الأولى وإصداراتها الأربعة . وقد زدت فصلا جديدا عن تحديد الموقع الجغرافى والانحراف الجغرافى بواسطة الاجرام السماوية . لقد استشعرت أثناء الدراسة الميدانية والمشروعات التطبيقية التى أقوم بها مع تلاميذى مدى صعوبة ربط المنطقة موضع الدراسة بالنقط والعلامات المساحية الموضحة على الخرائط الطبوغرافية ، إذ أن هذه المناطق عادة ما تكون بعيدة عن العمران ، ولكنها قريبة نسبيا من الطرق والمسالك الصحراوية التى عادة ما ترجح منطقة دون أخرى عند اختيار مكان العمل الميدانى . ولذلك كان على فريق الاستكشاف أن يتجول فى مساحة واسعة للعثور على علامة مساحية مؤكدة يطمئن إليها . ويهدف هذا الفصل الى تعريف الطالب بأسس ومبادئ المساحة الفلكية ، وكيفية تحديد موقعه الجغرافى مباشرة عن طريق رصد بعض الاجرام السماوية الواضحة فى القبة السماوية والمعروفة له كطائب جغرافى ، وذلك بطريقة سهلة مبسطة دون الدخول فى تفاصيل وشروحات خاصة بالمساحة الفلكية المتقدمة .

كما أضفت الى الفصل الخاص بنظم الاحداثيات على الخرائط ، نظم الاحداثيات فى خرائط بعض الدول العربية كالمملكة العربية السعودية وسلطنة عمان ، حيث قمت بأعباء تدريس مقرر الجغرافيا العملية والخرائط فى جامعة السلطان قابوس فى الفترة ١٩٨٩/٨٧م ، ومقرر الخرائط الطبوغرافية فى جامعة الملك سعود عام ١٩٩٢/٩١ . وكان الواجب يحتم آنذاك تدريس نظم الاحداثيات فى الخرائط الوطنية لطلابهما . وكذلك

أضفت نظم الاحداثيات على الخرائط الطبوغرافية البريطانية والخرائط الطبوغرافية الفرنسية والنظام الاحداثى العالمى المتبع فى خرائط الولايات المتحدة الامريكية . والهدف هو اثراء معرفة الطالب والباحث بنظم احداثيات تختلف عن النظام المتبع فى الخرائط الطبوغرافية المصرية للمقارنة من ناحية ، واستكمال النظرة الشمولية العامة التى يتميز بها طالب الجغرافيا ، وكذلك سهولة تناول الخرائط من مصادر مختلفة قد يحتاج اليها من ناحية أخرى .

ولقد راعيت تسهيل كثير من المفاهيم الفلكية والرياضية وادخالها فى قالب جغرافى . وأسأل الله تعالى أن يكون فى هذا الجهد الفائدة والنفع والله ولى التوفيق ، ، ،

الرياض ١٩٩٢م

دكتور/ أحمد أحمد مصطفى

١٩٩	الفصل الثامن : المساحة المنبوسحة
٢١٧	الفصل التاسع : المساحة باللوحة المنسوبة
٢٣٣	الفصل العاشر : الميزانية
٢٦٩	الفصل الحادى عشر : المساحة التصويرية وقراءة الصور الجوية

البَابُ الثالث

الخرائط

٢٩٩	مقدمة :
٣٠٥	الفصل الثانى عشر : مقياس الرسم وتطبيقاته
	الفصل الثالث عشر : الاتجاهات على الخرائط وتوجيهه
٣٤١	الخريطة
٣٥١	الفصل الرابع عشر : نظم الاحداثيات على الخرائط
	الفصل الخامس عشر : العلامات الاصطلاحية والالوان على
٤٠٣	الخرائط
٤١٥	الفصل السادس عشر : مساقط الخرائط
٤٣٥	الفصل السابع عشر : الخرائط الكنتورية وقطاعاتها
٤٨٣	الفصل الثامن عشر : الخرائط الجيولوجية

الباب الأول

الجغرافيا العملية

- الفصل الأول : شكل الأرض .
- الفصل الثاني : نظام الاحداثيات الفلكية .
- الفصل الثالث : المسافات والانحرافات الجغرافية على سطح الارض .
- الفصل الرابع : تحديد المواقع الجغرافي والانحراف الجغرافي بواسطة الاجرام السماوية .
- الفصل الخامس : حركات الأرض .
- الفصل السادس : حركة الارض وعلاقتها بحركة القمر .

الفصل الأول شكل الأرض

يعتبر الشكل الكروي للأرض الذى أكدته صور الأقمار الصناعية وسفن الفضاء منذ أطلق الاتحاد السوفيتى قمره الصناعى سبوتنيك الأول عام ١٩٥٩ أحد حقائق البيئة الجغرافية الطبيعية . وقد اعتاد طلاب الجغرافيا مناقشة بعض البراهين البسيطة لاثبات هذا الشكل الكروي ، يمكن اجمالها فيما يأتى :

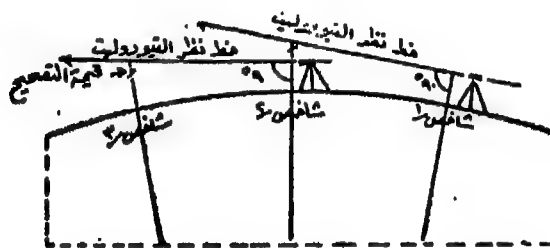
١ - الدوران حول الأرض فى اتجاه واحد والعودة الى نفس نقطة الانطلاق . فقد قام ماجلان برحلته المشهورة فى الفترة من ١٥١٩ - ١٥٢١ ، دار خلالها حول الأرض وذلك بالاتجاه ناحية الغرب . وقد تكررت مثل هذه الرحلة بعد اكتشاف قوة البخار وآلة الاحتراق الداخلى بواسطة السفن والطائرات بما لا يدع مجالا للشك فى كروية الأرض . ويثبت هذا البرهان فقط أن الأرض عبارة عن جسم متماسك ، فالملاحه بدءا من نقطة فى اتجاه معين والعودة اليها يمكن أن يتحقق على أرض اسطوانية الشكل مثلاً . ولكن يمكن القول أن خطوط الطيران على الدوائر العظمى متساوية فى طولها مهما كان اتجاهها ، وهذه الملاحظة هى التى تثبت الشكل الكروي للأرض .

٢ - ظهور أعالي الأشياء قبل أسافلها عند اقترابها ، واختفاء أسافلها قبل أعاليها عند ابتعادها . وتثبت هذه الملاحظة أن سطح الأرض منحنى ، ولا تثبت الشكل الكروي . ولكن اذا كان معدل الانحناء لسطح الأرض بالنسبة لوحدة مسافة معينة ثابتا - وهذا صحيح - فإن الأرض ذات شكل كروي .

٣ - استدارة ظل الأرض على القمر عند حدوث ظاهرة خسوف القمر مهما كان موقع الراصد .

٤ - ظهور خط الافق فى صور الاقمار الصناعية والسفن الفضائية على شكل منحنى مهما كان موقع القمر الصناعى أو سفينة الفضاء بالنسبة للأرض .

ثلاثة شواخص رأسية بارتفاع متساو على أرض مستوية ، تفصل بين كل واحد والذى يليه مسافة قدرها كيلو مترا واحدا (شكل ٢) ووضع جهاز تيودوليت مضبوط الافقية بجوار الشاخص رقم ١ وبنفس ارتفاعه ورصدت قمة الشاخصين ١ ، ٢ يلاحظ أن قمة الشاخص رقم ٢ تنخفض عن قمة الشاخص رقم ١ ، بالرغم من التساوى فى الارتفاع . وكذلك تنخفض قمة الشاخص رقم ٣ عند النظر اليه من تيودوليت موضوع بجوار الشاخص رقم ٢ وبنفس القيمة . ويستنتج من ذلك أن سطح الأرض منحنى ، وإن خط النظر لا يتبع انحناء سطح الأرض . وبتكرار هذه التجربة فى جهات مختلفة من سطح الأرض تلاحظ نفس النتيجة . ولذلك يضطر المساحون فى عملهم اجراء تصحيح يسمى بتصحيح انحناء سطح الأرض . ولأن قيمة التصحيح ثابتة فى كل الاحوال فانه يمكن استنتاج ان الأرض كروية الشكل .



شكل رقم (٢)

٧ - تتساوى تقريبا وحدة وزنية فى أى مكان على سطح الأرض ، فالوزن تحدده الجاذبية الأرضية ، وتساوى الوزن يدل على تساوى البعد عن مركز الأرض ، وهذا يعنى أن الأرض كروية الشكل .

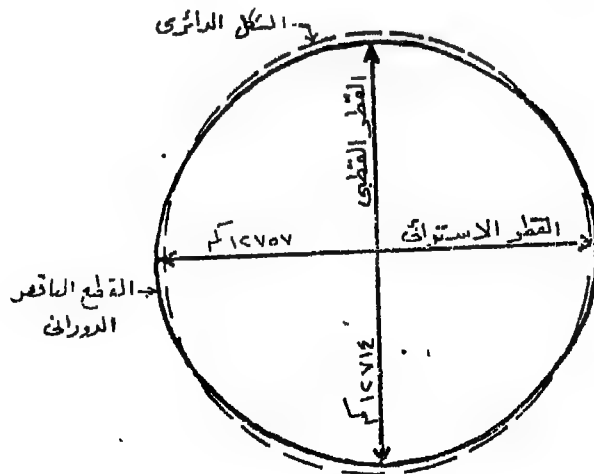
الأرض قطع ناقص مفلطح عند القطبين

The earth as an oblate ellipsoid

فى عام ١٦٧١ أرسل لويس الرابع عشر الفلكى جان ريشتر الى جزيرة كايين - الواقعة بالقرب من دائرة الاستواء والتابعة لجزيرة الفرنسية - لاجراء بعض الدراسات والارصاد الفلكية . وقد لاحظ هذا الفلكى عند وصوله الى هذه الجزيرة أن ساعته البندولية قد سجلت تأخيرا قدره ٢ر٥

دقيقة فى اليوم عما كانت عليه فى باريس، وأرجع ذلك الى شىء ما قد اثر على قوة الجاذبية الارضية فى هذا المكان. واقترح لتفسير هذه الظاهرة أن سطح الارض عند الاستواء يقع على مسافة اكبر من مركز الارض من الاراضى الواقعة الى الشمال منه . وقد تكررت بعد ذلك تلك الملاحظة فى أماكن مختلفة ، وتبين أن الارض ذات شكل كروى منبعجة عند الاستواء ومفلطحة عند القطبين ، واقرب شكل هندسى يمثلها هو القطع الناقص الدورانى اى الذى يدور حول محوره الاصغر وهو القطر القطبى ، بينما يمثل القطر الاستوائى المحور الاكبر . وقد أرجع ريشتر هذا التفلطح والانبعاج الى تأثير قوة الطرد المركزية الناشئة عن دوران الارض حول نفسها والتي تبعد الارض عن الشكل الكروى ثم الاستدارة كى تتوازن مع قوة الجاذبية .

وفى القرن الثامن عشر تم قياس قوس مقداره ٥٧ دقيقة فى اراضى اللاب فى شمال أوروبا ، وتبين أنه يزيد عن طول نفس القوس المقاس عند باريس . كما تم قياس طول قوس مقداره ٣ درجة عند كيتو باكوادور فى أمريكا الجنوبية ووجد أنه يقل عن طول مثيله المقاس فى فرنسا وهذا الاخير يقل بدوره عن مثيله المقاس فى اراضى اللاب . وقد أكدت تلك القياسات أن الارض عبارة عن قطع ناقص مفلطح عند القطبين منبعج عند الاستواء (شكل ٣)



شكل رقم (٣)

يبلغ طول القطر الاستوائى للأرض ١٢٧٥٦,٧٧٦ كيلو مترا وطول القطر القطبى ١٢٧١٣,٨٢٤ كيلو مترا ، والفرق بينهما ٤٢,٩٥٢ كيلو مترا . وعلى ذلك فان نسبة تفلطح الأرض وهى :

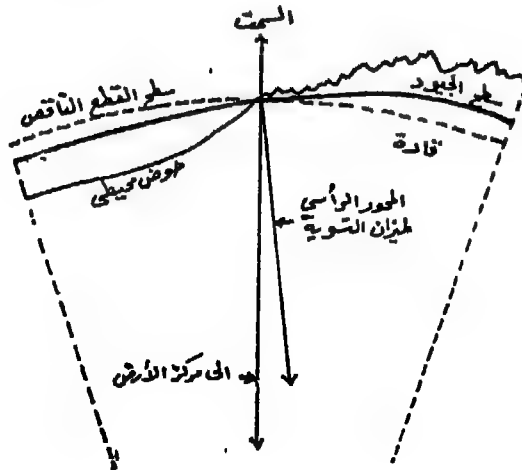
$$\frac{\text{الفرق بين طول قطرى الأرض}}{\text{طول القطر الاستوائى}} = \frac{٤٢,٩٥٢}{١٢٧٥٦,٧٧٦} = \frac{١}{٣٠٠} \text{ تقريبا .}$$

وباستخدام تلك القياسات فان محيط الأرض يبلغ ٤٠٠٧٥ كيلو مترا . ويمكن فى العلوم الجغرافية اعتبار أن الأرض كرة نصف قطرها ٦٣٧٠ كيلو مترا وطول محيطها ٤٠٠٠٠ كيلو مترا .

الأرض جيـود

The earth as a geoid

على الرغم من أن شكل القطع الناقص المفلطح يتناسب مع شكل الأرض أكثر من تناسبه مع الكرة ، إلا أنه ليس بالشكل الحقيقى لها . و سطح الأرض الحقيقى هو ذلك السطح التخيلى الذى يمر بمستوى متوسط سطح المياه التى تغطى البحار والمحيطات ويقطع القارات أسفل مستوى اليابس ليلاقى المحيطات مرة أخرى ، ويسمى الشكل الناتج عن هذا السطح



شكل رقم (٤)

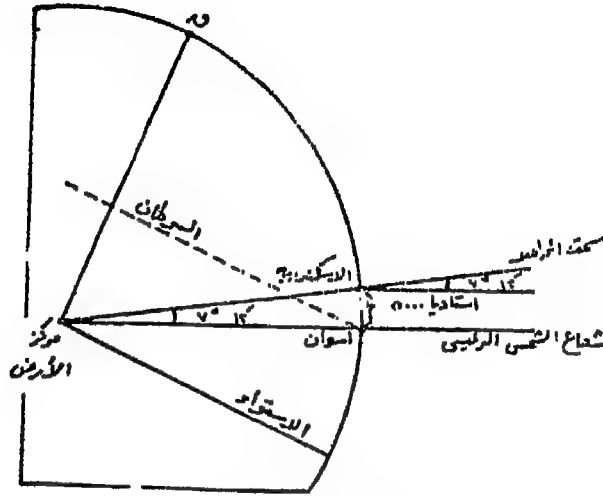
بالجيود . وسطح الجيود هذا مموج اذا ما قورن بسطح القطع الناقص المفلطح ، فهو يرتفع أسفل القارات وينخفض فى الاحواض البحرية والمحيطية العميقة . ويرجع ذلك الى تفاوت قوة الجاذبية الارضية التى تقل عند القارات وتزداد فى الاحواض البحرية والمحيطية (شكل ٤) . وتتراوح قيمة الفرق فى المنسوب بين سطح الجيود وسطح القطع الناقص المفلطح بين ٢٠ ، ٣٠ مترا . وهذه القيمة صغيرة جدا اذا ما قورنت بالفرق بين القطرين القطبى والاستوائى للارض (٤٣ كم تقريبا) . ورغم صغر هذه القيمة الا أنها لها أهمية كبرى فى الدراسات الجيوديسية والمغناطيسية الارضية والجاذبية الارضية . وبذلك نلاحظ أن سطح الارض فى القارة القطبية الجنوبية (انتاركتيكا) يبرز الى أعلى بينما ينخفض هذا السطح فى حوض المحيط القطبى الشمالى .

قياس محيط الأرض :

كان اليونانيون القدماء يؤمنون بفكرة كروية الارض منذ فيثاغورس (٤٥٠ ق.م) . وقد تمكن ايراتوستين (٢٧٦ - ١٩٦ ق.م) الذى كان أمينا لمكتبة الاسكندرية من تقدير محيط الارض ، وذلك بملاحظة اختلاف ميل أشعة الشمس عن سمت الراصد فيما بين أسوان والاسكندرية اعتقادا منه أنهما تقعان على خط زوال واحد . فقد لاحظ أن أشعة الشمس تسقط عمودية تماما وقت زوال يوم ٢١ يونيو على مدينة أسوان الواقعة على دائرة عرض ٢٣° شمالا ، بينما تنحرف الاسكندرية عن سمت الراصد بزاوية قدرها ١٢° أى بزاوية قدرها $\frac{1}{2}$ من محيط الارض . وعند قياس المسافة بين أسوان والاسكندرية ومقدارها ٥٠٠٠ استاديا توصل ايراتوستين الى أن محيط الارض يساوى ٢٥٠٠ ر. استاديا . وعلى هذا الاساس يكون طول محيط الارض ٤٦٢٥٠ كم باعتبار أن الاستاديا تساوى ١٨٥ م (شكل ٥) . وعلى الرغم من دقة تقديرات ايراتوستين الا أنه وقع فى أخطاء هى :

- ١ - جعل أسوان تقع على مدار السرطان مع أنها تقع على دائرة عرض ٣٠° ٢٤' شمالا أى الى الشمال من هذا الموقع بحوالى ٥٩٢ كم .

- ٢ - وضع مدينتى الاسكندرية واسوان على خط زوال واحد مع ار الاسكندرية تقع الى الغرب من اسوان بـ 30.3° .
- ٣ - قدر المسافة المباشرة بين الاسكندرية واسوان بخمسة آلاف استاديا اى ٩٢٥ كم رغم انها لا تتجاوز ٥٦٦ كم .
- ٤ - قدر ايراتوستين الفرق بين زاويتي الانحراف عن السمى بـ $12^\circ 7'$ ولكن هذا الفرق لا يتعدى $5^\circ 7'$.



شكل رقم (٥)

وضعت محاولة ايراتوستين الاسس الفلكية المتبعة حاليا فى قياس محيط لارض بالطرق المساحية ، وذلك بقياس طول خط ذى اتجاه شمالى/جنوبى بدقة ، وقياس زاوية ارتفاع أى نجم عن خط الافق من طرفى الخط أو بحساب زاوية انحراف النجم عن السمى وذلك بطرح مقدار زاوية الانزاع عن خط الافق من 90° . ويقابل الفرق بين زاويتي انحراف النجم عن السمى طول المسافة المقاسة والتي تعتبر فى نفس الوقت طول القوس من سطح الارض المقابل لهذا الفرق . وقد اتبع العرب فى القرن التاسع الميلادى هذه الطريقة ، ومن المحتمل أنهم توصلوا الى نتائج أدق بكثير من نتيجة ايراتوستين ، ولكن لعدم معرفتنا بوحدات القياس المستخدمة فى ذلك الوقت فاننا لا نستطيع أن نقابل تلك النتائج بالقياسات المعتمدة حاليا .

انحناء سطح الأرض وامكانية الرؤية :

يمكن حساب انحناء سطح الأرض عن طريق قياس فرق المنسوب بين نهايتى خطين تم قياس طولهما بدقة ، يبدآن من نقطة واحدة على سطح أرض منبسط . الخط الاول مماس لسطح الأرض عند هذه النقطة ، والخط الثانى على سطح الأرض . ويسمى فرق المنسوب بمقدار الانفراج (شكل ٦) . وبسبب تناقص كثافة الهواء بالارتفاع فإن خط المماس لن يمتد على شكل مستقيم فى الهواء ولكنه سوف ينحني قليلا نحو الأرض ، ويقل مقدار الانفراج بحوالى $\frac{1}{8}$ قيمته . ويمكن حساب مقدار الانفراج بالمعادلة التالية :

$$\text{الانفراج بالقدم} = \frac{F}{8} \text{ مربع المسافة بالاميال} .$$

فإذا كانت المسافة ١٠ ميل مثلا فإن الانفراج = $\frac{3}{8} \times 10 = 3.75$ قدم . وكذلك اذا ما عرف مقدار الانفراج بالاقدم فإنه يمكن حساب المسافة الأرضية بالاميال بالمعادلة التالية :

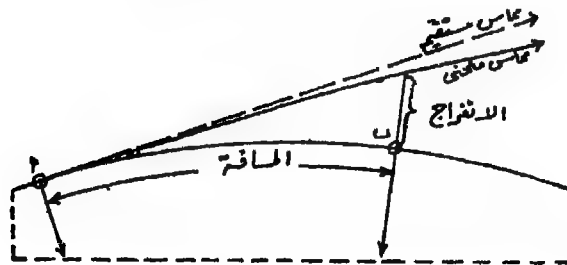
$$\text{المسافة باميال} = \sqrt{\frac{1}{8} \text{ الانفراج (بالقدم)}}$$

فإذا كان الانفراج ٨١ قدم مثلا فإن المسافة = $\sqrt{1 \times 81} = 9$ ميل

وباستخدام الوحدات المترية فى القياس فإن المعادلتين السابقتين :

$$\text{الانفراج (بالمتر)} = 0.069 \text{ مربع المسافة بالكم} .$$

$$\text{المسافة (بالكم)} = \sqrt{\frac{3}{8} \text{ الانفراج (بالمتر)}}$$



شكل رقم (٦)

ويبين الجدول رقم ١ قيم الانفراج المقابلة لمسافات مختلفة بالوحدات الانجليزية والوحدات المترية :

ويلعب انحناء سطح الارض دورا كبيرا بالنسبة لمدى الرؤية فى البحار والمحيطات ، ويزداد هذا المدى مع تزايد الارتفاع عن مستوى سطح البحر . ويتضح من الجدول التالى أن النقطة التى ترتفع عن مستوى سطح البحر بمقدار ٢ متر ولتكن قاربا صغيرا فان نصف قطر دائرة الرؤية يبلغ ٣٧.٥ كم أى أنه يمكن رؤيته من محيط دائرة هو مركزها ونصف قطرها ٥.٤ كم تقريبا . كذلك يمكن رؤية سفينة كبيرة ترتفع عن سطح البحر بمقدار ٥٠ م من مسافة قدرها ٢٧ كم . ويمكن حساب مسافة الرؤية بين نقطتين مختلفتين فى الارتفاع الاولى فانار بارتفاع ٢٠ م فوق مستوى سطح البحر ، والثانية سفينة ترتفع فوق مستوى سطح الماء بـ ١٥ م (شكل ٧) . ومسافة الرؤية بين السفينة والفنار هى مجموع المسافتين المقابلتين لمقدار الانفراج لكل نقطة على حدة . ويتضح من الجدول التالى أن نصف دائرة الرؤية للراصد فوق السفينة حوالى ١٥ كم ، ونصف قطر دائرة الرؤية لشعاع الضوء المنبعث من الفنار حوالى ١٧ كم ، اذن يمكن أن ترى السفينة ضوء الفنار عند خط الافق وهى على مسافة ٣٢ كم منه (١٥ + ١٧ كم) . ومن الواضح أنه لم يؤخذ فى الاعتبار العوامل الاخرى التى تؤثر على مدى الرؤية فى البحار مثل ارتفاع الامواج والتى ستقلل من مسافة الرؤية .



شكل رقم (٧)

وتعتبر مشكلة مدى الرؤية فى الوقت الحاضر ذات أهمية خاصة بالنسبة للاقمار والسفن الفضائية . ويحدد مدى الرؤية فى هذه الحالة خط تماس المخروط مع سطح الارض (شكل ٨) باعتبار أن الراصد - القمر الصناعى

وحدات انجليزية				وحدات مترية			
الانفراج بالقدم	المسافة بالميل	المسافة بالميل	الانفراج بالقدم	الانفراج (كم)	المسافة (كم)	المسافة (كم)	الانفراج (م)
٠.١٠	١	١.٣٢	١	٠.٠٧	١	٣.٨٠	١
٢.٣٠	٢	١.٨٦	٢	٠.٣٨	٢	٥.٣٧	٢
١٤.٤٠	٥	٢.٩٤	٥	١.٧٣	٥	٨.٥٠	٥
٥٧.٤٠	١٠	٤.١٦	١٠	٦.٩٢	١٠	١٢.٠٠	١٠
٢٣٠.٠٠	٢٠	٥.٨٩	٢٠	٢٧.٧٠	٢٠	١٧.٠٠	٢٠
١٤٤٠.٠٠	٥٠	٩.٣١	٥٠	١٧٣.٠٠	٥٠	٢٦.٩٠	٥٠
٥٧٤٠.٠٠	١٠٠	١٣.٢٠	١٠٠	٦٩٢.٠٠	١٠٠	٣٨.٠٠	١٠٠
٢٣٠٠٠.٠٠	٢٠٠	١٨.٦٠	٢٠٠	٢٧٧٠.٠٠	٢٠٠	٥٣.٧٠	٢٠٠
١٤٤٠٠٠.٠٠	٥٠٠	٢٩.٤٠	٥٠٠	١٧٥٠٠.٠٠	٥٠٠	٨٥.٠٠	٥٠٠
		٤١.٦٠	١٠٠٠			١٢٠.٠٠	١٠٠٠
		٩٣.١٠	٥٠٠٠			٢٦٩.٠٠	٥٠٠٠

المسافات بالوحدات الانجليزية		المسافات بالوحدات المترية	
الارتفاع عن سطح نصف قطر دائرة الرؤية/ميل	الارض/ميل	الارتفاع عن سطح نصف قطر دائرة الرؤية/كم	الارض/كم
٨٧٤	١٠٠	١١٢٠	١٠٠
١٢٢٥	٢٠٠	١٥٧٠	٢٠٠
١٧٠٠	٤٠٠	٢٢٠٠	٤٠٠
٢٥٢٠	١٠٠٠	٣٣٥٠	١٠٠٠
٣٣٢٠	٢٠٠٠	٤٥٠٠	٢٠٠٠
٤١٤٠	٤٠٠٠	٥٧٨٠	٤٠٠٠

الدوائر العظمى والصغرى : Great and small circles

ينتج عن تقسيم كرة تامة الاستدارة بمستوى يمر بمركزها أكبر دائرة يمكن أن ترسم على سطحها ، وتسمى هذه الدائرة بالدائرة العظمى Great circle . أما الدوائر التى تنتج من تقاطع مستوى مع سطح الكرة فى أى اتجاه آخر غير الاتجاه المار بمركزها فتسمى بالدوائر الصغرى Small circles لأنها أصغر من الدوائر العظمى فى نصف قطرها وفى طول محيطها . وتتميز الدوائر العظمى بالخصائص التالية :

- ١ - تنتج الدوائر العظمى عن طريق تقاطع مستوى مع الكرة يمر بمركزها بغض النظر عن اتجاه هذا المستوى .
- ٢ - الدائرة العظمى هى أكبر دائرة يمكن رسمها على سطح الكرة .
- ٣ - يمكن رسم عدد كبير جدا من الدوائر العظمى على سطح الكرة .
- ٤ - لا توجد الا دائرة عظمى واحدة يمكن أن تمر بنقطتين معينتين على سطح الكرة (الا اذا كانتا هاتين النقطتين واقعتان عند طرفى قطرها وفى هذه الحالة يمكن رسم عدد كبير جدا من الدوائر العظمى تمر بهما) .
- ٥ - عند وقوع أى ثلاث نقط على مستوى الدوائر العظمى ، فان النقطة الثالثة لابد أن تكون هى مركز الكرة .
- ٦ - أقصر مسافة بين نقطتين على سطح الكرة هى قوس من دائرة عظمى تمر بهما .

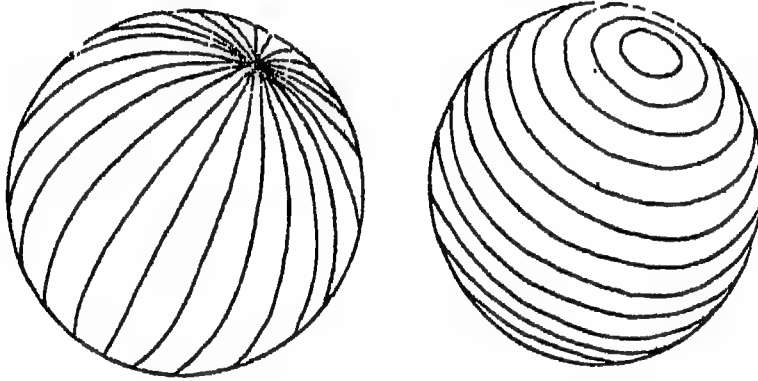
٧ - تتقاطع الدوائر العظمى مع بعضها البعض .

وقد عرفنا من قبل أن الأرض ليست كرة تامة الاستدارة ولكنها قريبة جدا من شكل القطع الناقص الدوراني المفلطح عند القطبين ، ويترتب على ذلك أن الدوائر العظمى على سطح الأرض تختلف في خصائصها إلى حد ما عن خصائص الدوائر العظمى على سطح الكرة . ولكن في الاستخدامات الجغرافية بما فيها استخدام الدوائر العظمى في رسم خطوط الطيران أو خطوط الملاحة في البحار والمحيطات أو عند إنشاء مساقط الخرائط أو عند دراسة موضوع أضواء الأرض ، فإنه يمكن معالجة الأرض كأنها كرة تامة الاستدارة ، والخطأ الناتج عن هذه المعالجة صغير يمكن إهماله في مثل هذه الاستخدامات . ولكن عند حساب طول المسافة بين دوائر العرض فإنه ينبغي النظر إلى الأرض على أنها قطع ناقص .

وتستخدم فكرة الدوائر العظمى عند تخطيط وتحديد خط سير ملاحى لسفينة ما بين مينائين أو تحديد خط طيران لطائرة بين مينائين جويين ، إذ ينبغي اقتصادا في الوقت والوقود أن يكون خط السير منطبقا على قوس من دائرة عظمى يمر مستواها بهذين المينائين ما لم تكن هناك عوامل وأغراض أخرى . ويستعمل الملاحون خرائط مرسومة بمسقط معين تظهر عليها الدوائر العظمى على شكل خطوط مستقيمة ، وتسمى هذه الخرائط بخرائط الدوائر العظمى . ولتوقيع قوس من دائرة عظمى يربط بين نقطتين على هذه الخرائط نصل بينهما بخط مستقيم .

الشبكة الفلكية على سطح الأرض (خطوط الزوال ودوائر العرض)

ينجم عن الحركة الدورانية للأرض حول محورها نقطتان أساسيتان هما القطب الشمالى والقطب الجنوبى ، وهما نقطتا تقاطع خط المحور مع سطح الأرض ، وينبنى على هاتين النقطتين الشبكة الفلكية . وتتكون هذه الشبكة من خطوط شمالية جنوبية تصل بين القطبين وتسمى بخطوط الزوال Meridians ودوائر شرقية غربية توازى دائرة الاستواء وتسمى بالمتوازيات Paralles (شكل ٩) وتستخدم هذه الشبكة فى تحديد وتعيين الأماكن والظواهر على سطح الأرض .



شكل رقم (٩)

خطوط الزوال Meridians :

هى عبارة عن أنصاف دوائر عظمى تعين نهاياتها القطبين الشمالى والجنوبى للأرض ، أو بمعنى آخر هى أنصاف دوائر تصل القطب الشمالى بالقطب الجنوبى . وبالرغم من أن كل خطين متقابلين يكملان دائرة عظمى إلا أنه يجب أن يعلم جيدا أن خطوط الزوال عبارة عن نصف محيط دائرة عظمى . وقد اتخذ من خط الزوال المار بمرصد جرينتش الملكى بالقرب من لندن والذي يسمى بخط زوال جرينتش خطا أساسيا . وتم ترقيم خط زوال جرينتش بالرقم (صفر) وخط الزوال الواقع الى الشرق منه (١ شرق) والذي يليه (٢ شرق) وهكذا الى (١٨٠ شرق) . وب نفس الطريقة رقت

خطوط الزوال الواقعة الى الغرب من خط زوال جرينتش الى (١٨٠ غرب) .
وبذلك ينطبق خط زوال ١٨٠ شرقا على خط زوال ١٨٠ غربا ويكون هو
نصف الدائرة العظمى المكمل لخط زوال (صفر) جرينتش من الناحية
المقابلة على سطح الارض . وتتصف خطوط الزوال بالخصائص التالية :

١ - تعين خطوط الزوال جميعها الاتجاه الشمالى والجنوبى الحقيقى
(الجغرافى) .

٢ - تبلغ أكبر مسافة بين خطى زوال متتاليين على دائرة الاستواء
وتتناقص بالاتجاه شمالا وجنوبا حتى يلتقيان عند القطبين .

٣ - يمكن رسم عدد كبير من خطوط الزوال على سطح الارض ،
فالقيمة الزاوية بين خطى زوال متتاليين ١° والدرجة فى النظام الستينى
٦٠ دقيقة ، والدقيقة ٦٠ ثانية وهناك $\frac{1}{10}$ ، $\frac{1}{100}$ من الثانية .

٤ - تساعد خطوط الزوال فى تحديد مواقع الاماكن على سطح
الارض .

المساويزات Parallels :

عبارة عن دوائر صغرى نتجت عن تقاطع مستويات موازية لمستوى
الاستواء مع سطح الارض . وأساس تلك المستويات هو تقسيم خط زوال
جرينتش الى ١٨٠ قسما متساويا يمر بكل نقطة من نقاط التقسيم دائرة
موازية لدائرة الاستواء . ويتضح من ذلك أن المسافة الزاوية بين نقطتين
متتاليتين مقدارها (١°) درجة واحدة وأطلق على نصف مجموعة المساويزات
الواقعة الى الشمال من دائرة الاستواء اسم دوائر العرض الشمالية كما أطلق
على النصف الآخر اسم دوائر العرض الجنوبية . ورقمت دوائر الاستواء
بالرقم (صفر) ودائرة العرض الواقعة الى الشمال منها بالرقم (١° شمال)
والتالية لها (٢° شمال) وهكذا الى (٩٠° شمال) وهى نقطة القطب الشمالى
وبنفس الطريقة رقت دوائر العرض الجنوبية من (١° جنوب) الى (٩٠°
جنوب) وهى نقطة القطب الجنوبى . وبذلك فان دوائر العرض على سطح

الارض متوازية ولذلك سميت بالمتوازيات . وتتلخص خصائص تلك الدوائر فى :

١ - تتوازي دوائر العرض مع بعضها البعض ، وبالرغم من أنها خطوط دائرية الا أن المسافة بينها متساوية تقريبا ، وتبلغ فى المتوسط ١١١ كم .

٢ - تشير دوائر العرض الى الشرق والغرب .

٣ - تتقاطع دوائر العرض مع خطوط الزوال فى زوايا قائمة على سطح الارض .

٤ - دوائر العرض عبارة عن دوائر صغرى ماعدا دائرة الاستواء فهى دائرة عظمى .

٥ - يمكن رسم عدد كبير من دوائر العرض على سطح الارض، وعليه فان أى مكان على سطح الارض يقع على دائرة عرض .

حساب طول خط الزوال :

تتساوى خطوط الزوال فى أطوالها فهى عبارة عن أنصاف دوائر عظمى، وطول محيط الدائرة العظمى هو طول محيط الارض. وباعتبار أن الأرض كرة - فى الحسابات الجغرافية - نصف قطرها ٦٣٧٠ كم فان :

طول محيط الارض (طول محيط الدائرة العظمى) = ٢ ط نق

$$= 2 \times 314 \times 6370 = 40036 \text{ كم أى } 40000 \text{ كم .}$$

طول خط الزوال (نصف طول محيط الدائرة العظمى) = $\frac{2 \text{ ط نق}}{2}$

$$= \text{ط نق} = 314 \times 6370 = 20018 \text{ أى } 20000 \text{ كم .}$$

أى أن المسافة القوسية بين نقطة القطب الشمالى ونقطة القطب الجنوبى على سطح الارض = ٢٠٠٠٠ كم تقريبا .

حساب طول محيط دائرة عرض :

طول محيط دائرة الاستواء : دائرة الاستواء هى دائرة عظمى ينطبق

∴ طول ص (نصف دائرة عرض ٣٠) = نق الأرض × جتا ٣٠

$$= ٦٣٧٠ \times ٠.٨٦٦٠ = ٥٥١٦.٤٢ \text{ كم}$$

∴ طول محيط دائرة عرض ٣٠ = ٢ ط نق × ٣.١٤ × ٣١٤

$$= ٣٤٦٤.٣١١ \text{ كم}$$

وبذلك فإن طول محيط أى دائرة عرض = ٢ ط نق جتا دائرة العرض

طول محيط دائرة عرض ٧٥ مثلا = ٢ × ٣.١٤ × ٦٣٧٠ × جتا ٧٥

$$= ٢ \times ٣.١٤ \times ٦٣٧٠ \times ٠.٢٥٨٨ = ١٠٣٥٢.٩٣ \text{ كم}$$

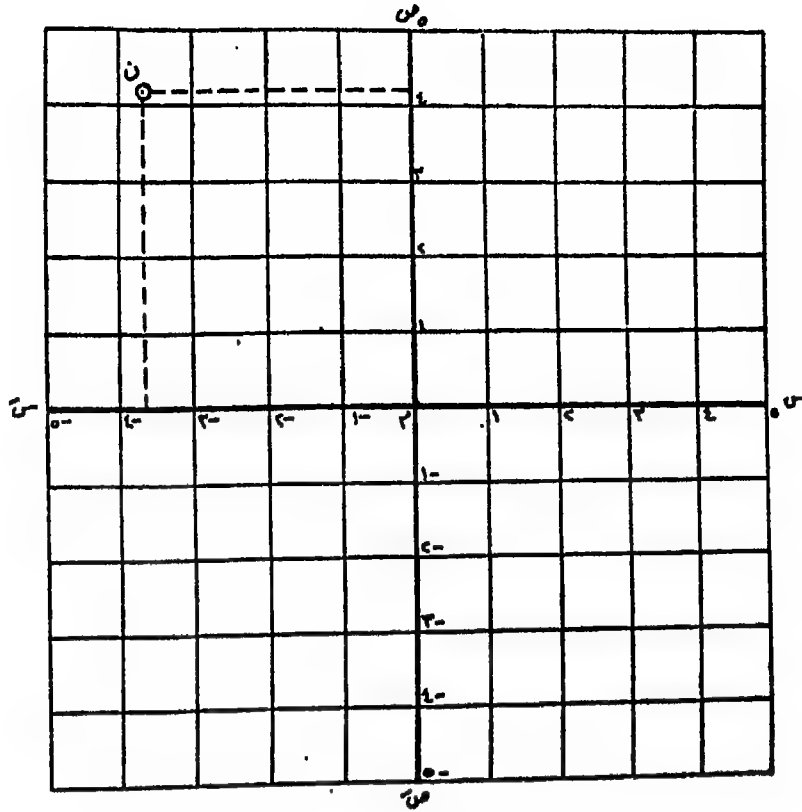
الفصل الثاني

نظام الاحداثيات الفلكية

تستخدم الاحداثيات الكارتيزية فى تحديد مكان النقط على السطح الافقى . ولتعريف موقع النقطة ن مثلا يقاس بعدها عن نقطة الاصل م - نقطة تقاطع المحورين الرأسى والافقى - فى الاتجاه الافقى وليكن (-٣٦) وفى الاتجاه الرأسى وليكن (٤٢) . واذا ذكرنا البعدين الافقى والرأسى (-٣٦ ، ٤٢) فان ذلك يحدد موقع النقطة ن ، ولا توجد نقطة أخرى سوى النقطة ن على هذا السطح الافقى لها نفس البعد الافقى -٣٦ والبعد الرأسى ٤٢. ويسمى البعدان الافقى والرأسى بالاحداثيان الكارتيزيان . ولسهولة قياس الابعاد الافقية والرأسية ولسهولة تحديد مواقع النقط المختلفة ترسم مجموعة من الخطوط الرأسية المتوازية تعطى المسافات بينها الاحداثيات الافقية ، كما ترسم مجموعة أخرى من الخطوط الافقية المتوازية تعطى بينها الاحداثيات الرأسية (شكل ١١) .

الاحداثيات الجغرافية على سطح الأرض :

يعتمد النظام الاحداثى الجغرافى للأرض على دوران الأرض حول محورها دورة كاملة كل يوم . ويقابل هذا المحور التخيلى سطح الأرض عند نقطتين هما : القطب الشمالى والقطب الجنوبى . وتعتبر دوائر العرض المتوازية بمثابة خطوط احداثية أفقية ، بينما تعتبر خطوط الزوال خطوط احداثية رأسية . وتحدد أى نقطة على سطح الأرض عن طريق عرضها شمال أو جنوب دائرة الاستواء ، وطولها شرق أو غرب خط زوال جرينتش . واذا كانت الاحداثيات على السطح الافقى عبارة عن مسافات أفقية عن نقطة الاصل ، فان الاحداثيات على سطح الأرض عبارة عن قيم زاوية ، كان يقال أن موقع مدينة الاسكندرية هو ٣١° - ٢٩° شمالا ، ٢٩° شرقا .

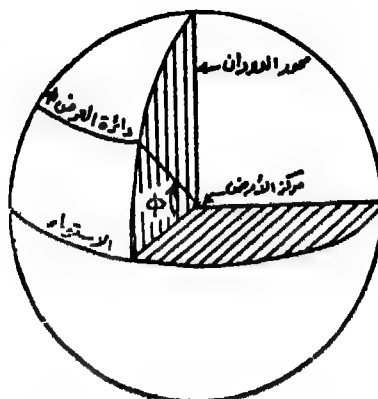


شكل رقم (١١)

العرض (عرض المكان) Latitude :

هو الزاوية الواقعة فى مستوى خط من خطوط الزوال ورأسها عند مركز الأرض وطلعها الأساسى فى مستوى الاستواء والصلع الآخر للزاوية يتقابل مع سطح الأرض عند الموقع المطلوب تحديد عرضه وتسمى φ (فاى) (شكل ١٢) . وهذا المكان إما أن يكون شمال الاستواء أو جنوبه ولذلك يجب ذكر الموقع بالنسبة للاستواء بجانب قيمة الزاوية . وهكذا فإن قيم زوايا العرض للاماكن على سطح الأرض تتراوح بين صفر ، 90° وفى الأغراض الجغرافية تعتبر الأرض كرة ، وهذا يعنى أن طول القواس على سطح الأرض المقابلة لزوايا العرض المتساوية متساوية ، أى أن طول القوس

المقابل لـ ١٠' مثلا بالقرب من دائرة الاستواء (بين صفر ، ١٠' شمالا أو جنوبا) يساوى طول القوس المقابل لـ ١٠' بالقرب من القطب مثلا (بين ٧٠' ، ٨٠' شمالا أو جنوبا) . ولكن الارض ليست كرة بل هى قطع ناقص دورانى ، ولذلك فان الاقواس المقابلة للزوايا المتساوية ليست متساوية على سطح الارض .



شكل رقم (١٢)

ويبين الجدول التالى أطوال الاقواس على سطح الارض المقابلة لـ زوايا قدرها درجة عرضية واحدة فى فئات طولها خمس درجات .

درجات العرض	الطول بالكم	الطول بالميل	درجات العرض	الطول بالكم	الطول بالميل
صفر -	١١٠ر٥٦٩	٦٨ر٧٠٤	- ٥٠	١١١ر٢٣٠	٦٩ر١١٥
- ٥	١١٠ر٥٧٨	٦٨ر٧١٠	- ٥٥	١١١ر٣٢٧	٦٩ر١٧٥
- ١٠	١١٠ر٦٠٣	٦٨ر٧٣٥	- ٦٠	١١١ر٤١٥	٦٩ر٢٣٠
- ١٥	١١٠ر٦٤٤	٦٨ر٧٥١	- ٦٥	١١١ر٤٩٧	٨٩ر٢٨١
- ٢٠	١١٠ر٧٠١	٦٨ر٧٨٦	- ٧٠	١١١ر٥٦٧	٦٩ر٣٢٤
- ٢٥	١١٠ر٧٧٠	٦٨ر٨٢٩	- ٧٥	١١١ر٦٢٥	٦٩ر٣٦٠
- ٣٠	١١٠ر٨٥٠	٦٨ر٨٧٩	- ٨٠	١١١ر٦٦٦	٦٩ر٣٨٦
- ٣٥	١١٠ر٩٤١	٦٨ر٩٣٥	- ٨٥	١١١ر٦٩٢	٦٩ر٤٠٢
- ٤٠	١١٠ر١٠٣٤	٦٨ر٩٩٣	- ٩٠	١١١ر٧٠٠	٦٩ر٤٠٧
- ٤٥	١١١ر١٣٢	٦٩ر٠٥٤			

تحديد درجة عرض مكان :

يمكن تحديد درجة عرض أى مكان على سطح الارض بصورة مباشرة وبسيطة فى عدة حالات هى :

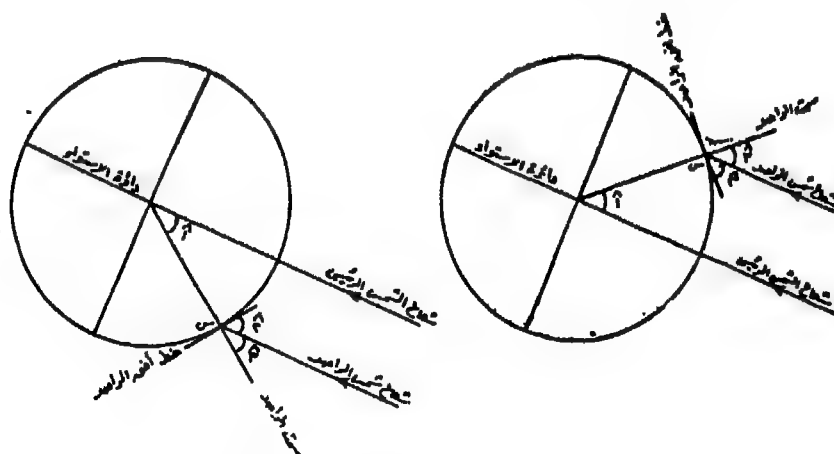
أولا - حالة تعامد الشمس على دائرة الاستواء وقت زوال يومى ٢١ مارس ، ٢٣ سبتمبر :

لتقدير درجة عرض مكان ما على سطح الارض فى ذلك الوقت يجرى ما يأتى :

(١) بأى من أجهزة قياس الزوايا الرأسية تقاس زاوية ارتفاع الشمس عن خط الافق .

(ب) تحسب زاوية انحراف الشمس عن سمت الراصد ، وهذه الزاوية تساوى 90° - زاوية ارتفاع الشمس عن خط الافق .

(ج) زاوية انحراف الشمس عن السمت هى عرض المكان (شكل ١٣) .



شكل رقم (١٣)

$$١ = \text{درجة عرض مكان الراصد} .$$

$$٢ = \text{زاوية ارتفاع الشمس عن خط الافق (وهى المحصورة بين خط الافق}$$

وشعاع الشمس الساقط فى مكان الراصد ورأسها س) . والمقصود
 بشعاع الشمس الساقط خط النظر بين الراصد والشمس .

$\hat{3} =$ زاوية انحراف الشمس عن سمت الراصد (وهى الزاوية المحصورة
 بين شعاع الشمس الساقط وسمت الراصد ورأسها س أيضا) .

$$\hat{90} = \hat{3} + \hat{2}$$

$$\hat{3} = \hat{1} \text{ بالتناظر .}$$

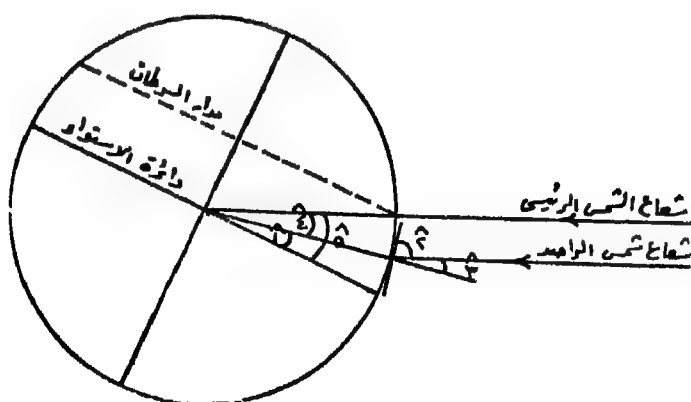
ثانيا - حالة تعامد الشمس على مدار السرطان وقت زوال ٢١ يونيو :

١ - اذا كان الراصد فى مكان يقع بين مدار السرطان ودائرة الاستواء
 يجرى الآتى :

١ (بأى من أجهزة قياس الزوايا الرأسية تقاس زاوية ارتفاع الشمس
 عن خط الافق .

ب) تحسب زاوية انحراف الشمس عن سمت الراصد .

ج) تطرح الزاوية الاخيرة من ٢٣٥° والناتج هو عرض المكان
 (شكل ١٤) .



شكل رقم (١٤)

$$\hat{1} = \text{درجة عرض مكان الراصد .}$$

$$٢ = \text{زاوية ارتفاع الشمس عن خط الافق} \cdot$$

$$٣ = \text{زاوية انحراف الشمس عن سمت الراصد} \cdot$$

$$٣ = \text{٤ بالتناظر (٤ هي الزاوية المحصورة بين عرض الراصد ومدار السرطان)} \cdot$$

$$٥ = ٢٣٥ (مدار السرطان) \cdot$$

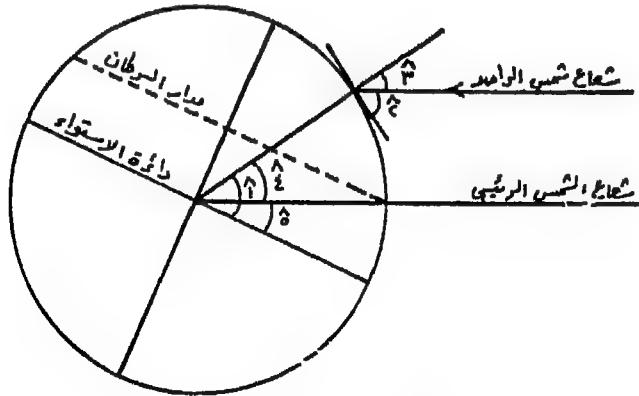
$$\therefore ١ = ٣ - ٢٣٥$$

٢ - اذا كان الراصد فى نصف الكرة الشمالى وراء مدار السرطان يجرى
الآتى :

١ (تقاس زاوية ارتفاع الشمس عن خط الافق)

ب) تحسب زاوية انحراف الشمس عن سمت الراصد

ج) تجمع الزاوية الاخيرة على ٢٣٥ والناتج هو عرض المكان
(شكل ١٥)



شكل رقم (١٥)

$$١ = \text{درجة عرض مكان الراصد} \cdot$$

$$٢^\circ = \text{زاوية ارتفاع الشمس عن خط الافق} \cdot$$

$$٣^\circ = \text{زاوية انحراف الشمس عن سمت الراصد} \cdot$$

$$٣^\circ = ٤^\circ \text{ بالتناظر (} ٤^\circ \text{ هي الزاوية المحصورة بين عرض الراصد ومدار السرطان)} \cdot$$

$$٥^\circ = ٢٣٥^\circ \text{ (مدار السرطان)} \cdot$$

$$١^\circ = ٣^\circ + ٢٣٥^\circ$$

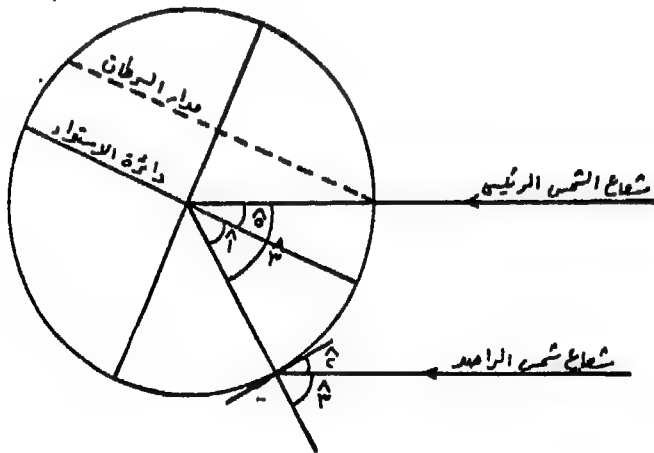
٣ - اذا كان الراصد يقع فى نصف الكرة الجنوبي يجرى الآتى :

أ (تقاس زاوية ارتفاع الشمس عن خط الافق .

ب) تحسب زاوية انحراف الشمس عن سمت الراصد .

ج) تطرح من الزاوية الاخيرة ٢٣٥° والناتج هو عرض المكان

(شكل ١٦) .



شكل رقم (١٦)

$$١^\circ = \text{درجة عرض مكان الراصد} \cdot$$

$$١ = \text{درجة عرض مكان الراصد} \cdot$$

$$٢ - \text{زاوية ارتفاع الشمس عن خط الافق} \cdot$$

$$٣ = \text{زاوية انحراف الشمس عن سمت الراصد} \cdot$$

$$٣ = ٤ \text{ بالتناظر (} ٤ \text{ هي الزاوية المحصورة بين عرض الراصد ومدار السرطان)}$$

$$٥ = ٢٣٥ \text{ (مدار الجدى)} \cdot$$

$$١ = ٣ - ٢٣٥$$

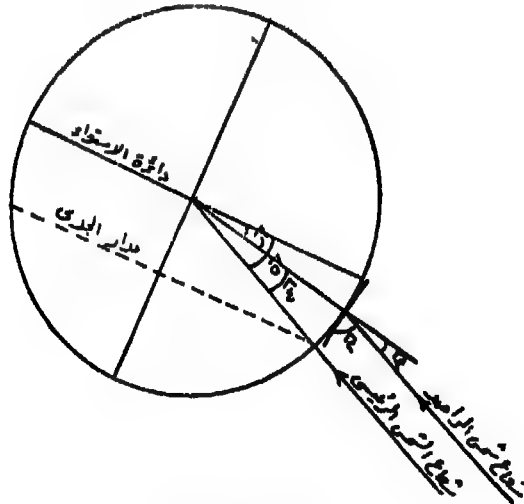
٢ - اذا كان الراصد فى نصف الكرة الجنوبي بين دائرة الاستواء ومدار الجدى يجرى الآتى :

١ (تقاس زاوية ارتفاع الشمس عن خط الافق)

ب) تحسب زاوية انحراف الشمس عن سمت الراصد

ج) تطرح الزاوية الاخيرة من ٢٣٥ والناتج هو عرض الناتج

(شكل ١٨)



شكل رقم (١٨)

١ = درجة عرض مكان الراصد .

٢ = زاوية ارتفاع الشمس عن خط الافق .

٣ = زاوية انحراف الشمس عن سمت الراصد .

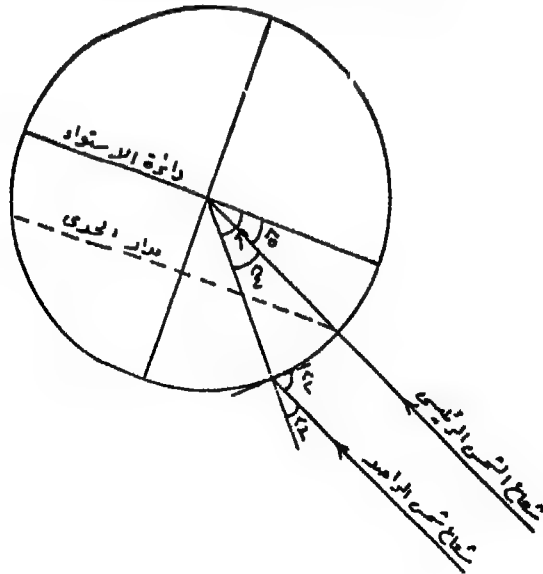
٣ = ٤ بالتناظر (٤ هي الزاوية المحصورة بين عرض الراصد ومدار الجدى) :

٥ = ٢٣ر٥ (مدار الجدى) .

١ = ٣ - ٢٣ر٥

٣ - اذا كان الراصد فى نصف الكرة الجنوبى وراء مدار الجدى يجرى
الآتى :

١ (تقاس زاوية ارتفاع الشمس عن خط الافق .



شكل رقم (١٩)

(ب) تحسب زاوية انحراف الشمس عن سمت الراصد .

(ج) تجمع الزاوية الاخيرة على $23^{\circ}5'$ والناتج هو عرض المكان (شكل ١٩) .

$$1^{\circ} = \text{درجة عرض مكان الراصد} .$$

$$2^{\circ} = \text{زاوية ارتفاع الشمس عن خط الافق} .$$

$$3^{\circ} = \text{زاوية انحراف الشمس عن سمت الراصد} .$$

$$3^{\circ} = 4^{\circ} \text{ بالتناظر (} 4^{\circ} \text{ هي الزاوية المحصورة بين عرض 'الراصد' ومدار الجدى) .}$$

$$5^{\circ} = 23^{\circ}5' \text{ (مدار 'الجدى') .}$$

$$1^{\circ} = 23^{\circ}5' + 3^{\circ}$$

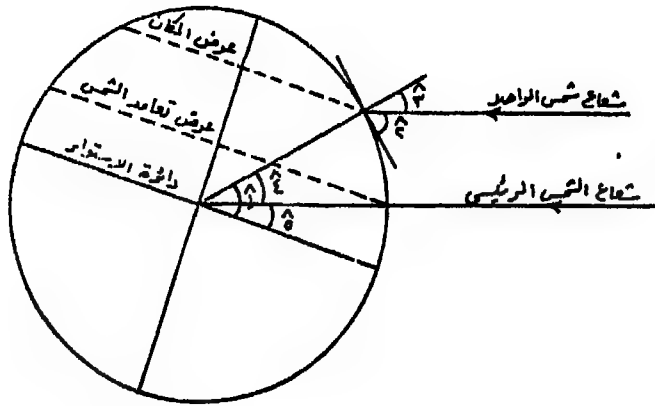
ويمكن تحديد درجة عرض أى مكان على سطح الارض فى أى وقت من السنة بغض النظر عن حالات التعامد السابقة ، وذلك بمعرفة درجة عرض تعامد الشمس من الجداول الفلكية الخاصة بذلك ، وقياس زاوية ارتفاع الشمس عند خط الافق وقت الزوال .

مثال : عند تحديد عرض الكلية فى يوم ما كانت الشمس متعامدة فى ذلك اليوم على دائرة عرض 13° شمالا ، وتشبه هذه الحالة حالة تعامد الشمس على مدار السرطان من حيث ميل محور الارض بزاوية قدرها 13° نحو الشمس ، يجرى الآتى :

١ (تقاس زاوية ارتفاع الشمس عن خط الافق وقت الزوال .

(ب) تحسب زاوية انحراف الشمس عن سمت الراصد .

(ج) يضاف إلى الزاوية الاخيرة 13° والناتج هو عرض المكان (شكل ٢٠) .



شكل رقم (٢٠)

$$١ = \text{درجة عرض مكان الراصد (الكلية)}$$

$$٢ = \text{زاوية ارتفاع الشمس عن خط الافق (٧١° ٣٩°)}$$

$$٣ = \text{زاوية انحراف الشمس عن سمت الراصد (٩٠° ٠٠° - ٧١° ٣٩° = ١٨° ٢١°)}$$

$$٣ = \text{بالتناظر (٤) الزاوية المحصورة بين عرض الراصد وعرض تعامد الشمس}$$

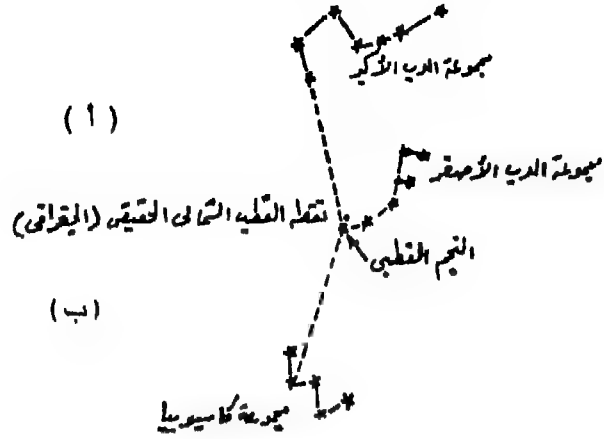
$$١ = ١٣° ٠٠' + ١٨° ٢١' = ٣١° ٢١'$$

وقياسا على ذلك يمكن تحديد درجة عرض المكان مهما كان موقعه في نصف الكرة الشمالى أو نصف الكرة الجنوبى بين المدارين أو ورائهما، وذلك بتتبع حالات ارتفاع الشمس وتعامدها على أى درجة عرض أثناء حركتها الظاهرية بين المدارين .

رابعا - تحديد درجة عرض المكان ليلا :

يمكن تحديد درجة عرض المكان ليلا بواسطة النجم القطبى . والنجم القطبى أحد نجوم الدرجة الثانية من حيث قوته ودرجة لمعانه . ويمكن

التعرف عليه بواسطة المجموعات النجمية المحيطة به والتي تأخذ شكل وترتيب معين . ومن أبرز هذه المجموعات مجموعة الدب الأكبر ، وهي عبارة عن سبع نجوم تأخذ شكل المغرفة ، ويعرف النجمان ١ ، ب (شكل ٢١) باسم المشيرين لأن الاتجاه الواصل بينهما يشير إلى النجم القطبي



شكل رقم (٢١)

مهما تحركت نجوم المجموعة . وتدور مجموعة الدب الأكبر حول النجم القطبي وكأنه مركز لها ، إلا المشيران في أى وضع يشيران له . وهناك مجموعة نجمية أخرى تعرف باسم كاسيوبيا أو ذات الكرسي وهي خمسة نجوم تأخذ شكل الحرف الافرنجى W والزوايا بين أضلاعها غير المتساوية (شكل ٢١ ب) ويشير المنصف للزاوية الكبرى إلى النجم القطبي . وبالتعرف على هاتين المجموعتين يمكن بسهولة تحديد النجم القطبي . ويتحرك النجم القطبي على محيط دائرة صغيرة جداً مركزها نقطة تسامت القطب الشمالى للأرض ، وينتج عن هذه الحركة خطأ طفيف يمكن إهماله .

ودرجة عرض المكان هي زاوية ارتفاع النجم القطبي عن خط الافق ، وبأى من أجهزة قياس الزوايا الرأسية يمكن قياسها ، ويمكن اثبات ذلك (شكل ٢٢) .

$$١^{\wedge} = \text{درجة عرض مكان الراصد} .$$

$$٢^{\wedge} = \text{زاوية ارتفاع النجم عن خط الافق} .$$

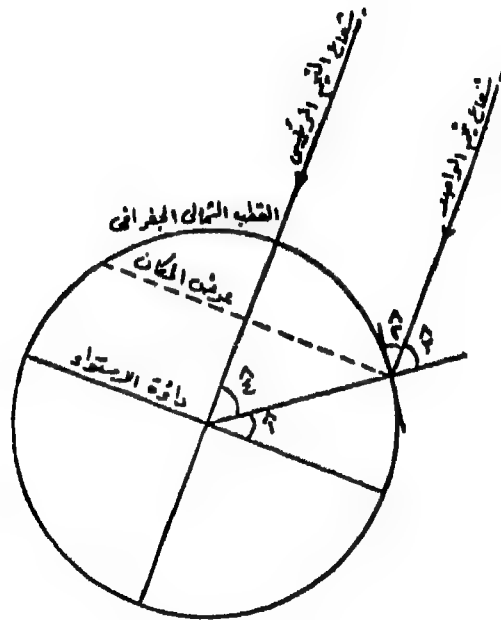
• $\hat{3} =$ زاوية انحراف النجم القطبي عن سمت الراصد .

• $\hat{4} = \hat{3}$ بالتناظر ($\hat{4}$ الزاوية المتممة لعرض الراصد)

$$90^\circ = \hat{4} + \hat{1} = \hat{3} + \hat{2}$$

$$\hat{4} = \hat{3} \therefore$$

$\therefore \hat{2} = \hat{1}$ أى أن زاوية ارتفاع النجم عن خط الافق = درجة عرض المكان .



شكل رقم (٢٢)

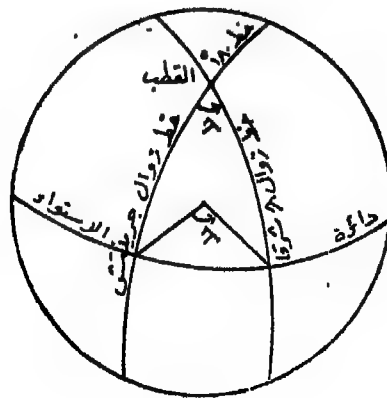
ويجب الاشارة أن هذا العمل لا يتم الا فى نصف الكرة الشمالى حيث

تتعدر رؤية النجم القطبى فى نصف الكرة الجنوبى .

الطول (طول المكان) : Longitude :

هو الزاوية الواقعة فى مستوى دائرة الاستواء ورأسها عند مركز الارض

وضلعها الاساسى يمر فى خط زوال جرينتش والضلع الاخر يمر فى خط من خطوط الزوال ، وهى تساوى الزاوية عند القطب بين خط الزوال وخط جرينتش (شكل ٢٣) وتسمى λ (لندا) . ولما كانت الزوايا لا تقاس بالدرجات فقط بل بكسور الدرجات أيضا فان أى مكان على سطح الارض يميز به خط زوال ما . وهذا المكان اما ان يكون شرق خط زوال جرينتش أو غربه ، لذا يجب ذكر الموقع بالنسبة لزوال جرينتش بجانب قيمة الزاوية . وهكذا فان قيم الطول تتراوح بين صفر ، ١٨٠ شرقا وبين صفر ، ١٨٠ غربا ، وتكتب عادة بهذه الصورة : طول ٤١° ٣٠' ٧٧" غ ويمكن أن تقرأ طول سبع وسبعون درجة وثلاث دقائق واحد واربعون ثانية غرب خط زوال جرينتش . واذا ما ذكر طول نقطة بدون ذكر موقعها بالنسبة لخط زوال جرينتش ، فاننا لا نستطيع تحديد موقعها ، ذلك لان هذه الزاوية المقاسة يمكن أن تكون بالنسبة لخط زوال آخر . ولذلك فاننا يمكن تعريف خط الزوال بأنه الخط الذى يربط بين النقط التى لها طول واحد أى لها نفس الابتعاد الزاوى عن خط زوال جرينتش . وهكذا فان خط الزوال عبارة عن خط ، أما الطول فهو عبارة عن زاوية . والمسافة بين خطى زوال متتاليين أو المسافة المقابلة لفرق طول مقداره ١° عند الاستواء = ١١١ كم تقريبا أو ٦٩ ميل . وتتناقص هذه المسافة بالاتجاه شمالا نحو القطب الشمالى أو جنوبا نحو القطب الجنوبى حتى تصل الى الصفر



شكل رقم (٢٣)

عندهما • ويبين الجدول التالى متوسط طول المقابل لفرق طول ١° فى فئات طولها ٥° عرضية •

درجات الطول	الطول بالكم	الطول بالميل	درجات الطول	الطول بالكم	الطول بالميل
صفر -	١١١ر٣١٢	٦٩ر١٧٢	- ٥٠	٧١ر٧٠٠	٤٤ر٥٥٢
- ٥	١١٠ر٩٠٢	٦٨ر٩١١	- ٥٥	٦٣ر٩٩٧	٣٩ر٧٦٦
- ١٠	١٠٩ر٦٤٣	٦٨ر١٢٩	- ٦٠	٥٥ر٨٠٣	٣٤ر٦٧٤
- ١٥	١٠٧ر٥٥٣	٦٦ر٨٣٠	- ٦٥	٤٧ر١٧٨	٢٩ر٣١٥
- ٢٠	١٠٤ر٦٥٠	٦٥ر٠٢٦	- ٧٠	٣٨ر١٨٨	٢٣ر٧٢٩
- ٢٥	١٠٠ر٩٥٣	٦٢ر٧٢٩	- ٧٥	٢٨ر٩٠٤	١٧ر٩٦٠
- ٣٠	٩٦ر٤٩٠	٥٩ر٩٥٦	- ٨٠	١٩ر٣٩٤	١٢ر٠٥١
- ٣٥	٩١ر٢٩٠	٥٦ر٧٢٥	- ٨٥	٩ر٧٣٥	٦ر٠٤٩
- ٤٠	٨٥ر٣٩٧	٥٣ر٠٦٣	٩٠	صفر	صفر
- ٤٥	٨٧ر٨٥٠	٤٨ر٩٩٥			

تحديد درجة طول مكان :

تستخدم خطوط الزوال فى تعيين الاماكن على سطح الارض عن طريق علاقتها بالزمن • فمن المعروف أن الارض تدور حول نفسها أمام الشمس من الغرب الى الشرق • وتتم دورة كاملة كل ٢٤ ساعة أى يوم • وهذا يعنى أن خطوط الزوال الـ ٣٦٠ تمر أمام الشمس تباعا واحدا وراء الاخر خلال اليوم الكامل • والمسافة بين خطى زوال متتاليين تمر أمام الشمس فى فترة زمنية مقدارها أربع دقائق $\left(\frac{24 + 60}{360} = 4 \text{ دقيقة} \right)$ ، أى بمعدل ساعة لكل ١٥ خط من خطوط الزوال • وتشرق الشمس على جميع الاماكن الواقعة على خط زوال واحد فى وقت واحد ، وكذلك فى حالة الغروب • ولما كانت الارض تدور من الغرب الى الشرق كانت الشمس تشرق على خطوط الزوال الشرقية قبل خطوط الزوال الغربية • ويعنى هذا أن خطوط الزوال التى تقع الى الشرق أسبق زمنيا من تلك الواقعة الى غربها ، وكل خط زوال يسبق الخط الواقع الى الغرب منه بفترة زمنية قدرها أربع دقائق •

فاذا كانت الساعة السادسة صباحا مثلا على خط زوال جرينتش كانت الساعة ٤٠ ٦ على خط زوال ١٠ شرقا و ٢٠ ٥ على خط زوال ١٠ غربا .
وعليه يمكن الاستفادة من خطوط الزوال في حساب الوقت ، كما يمكن الاستفادة من الوقت في حساب خط الزوال . فمعرفة الوقت في مكان ما معلوم خط الزوال المار به ومقارنته بالوقت في مكان ما على خط زوال مجهول يمكن حساب هذا الخط المجهول . وبداية أنه اذا كان الوقت في المكان على خط الزوال المجهول يسبق الوقت في مكان على خط الزوال المعلوم يكون الخط الاول واقعا الى الشرق من الخط الثانى والعكس صحيح ، اعنى اذا كان الوقت على خط الزوال المجهول متأخر عن الوقت على خط الزوال المعلوم كان واقعا الى الغرب ، ويعادل فارق الزمن فرق الطول . وعادة ينسب الزمن الى زمن خط زوال جرينتش لانه خط زوال بداية (صفر) لقياس ومنه يعرف خط الزوال والفرق بينهما هو مقدار الطول المطلوب .

فمثلا اذا كانت الساعة في مكان ما وليكن (١) السادسة صباحا ، وفي نفس الوقت أدركنا مؤشر الراديو الى محطة جرينتش وكانت الساعة الواحدة صباحا ، فهذا يعنى أولا أن (١) تقع الى الشرق من زوال جرينتش ، وخط الزوال لها
$$\frac{60 \times 5}{4} = 75$$
 أى يتم تحويل فرق الوقت بين (١) وجرينتش الى دقائق ، ويقسم الناتج على ٤ (المسافة الزمنية بين كل خطى زوال متتاليين) فيصير طول (١) ٧٥ شرقا . واذا كانت الساعة في مكان (ب) هي الثامنة مساء والوقت في جرينتش العاشرة صباحا فيكون خط الزوال المار بـ (ب) هو
$$\frac{60 \times 10}{4} = 150$$
 (الفرق بين الوقتين بالدقائق) وطول بـ ١٥٠ غربا لان الوقت في (ب) متأخر عن الوقت في جرينتش .

قياس زوايا ارتفاع الشمس والنجم القطبى

السكستان Sextant «آلة السدس»

يعتبر السكستان أفضل الاجهزة المساحية لقياس زوايا ارتفاعات الشمس والنجم القطبى والاجرام السماوية الاخرى عن خط الافق . وبالرغم من أن جهاز التيودوليت Theodolite يعتبر من أدق الاجهزة المساحية فى

الاستعمال • ويدور حول مركز القوس ذراع ح ينتهى بورنية تتحرك بمحاذاة
تدريج القوس لتعيين أجزاء من الدقيقة •

٢ - مرأتان ١ ، ب مثبتتان عموديا على مستوى القوس ، الاولى ا
وتعرف بمرآة الاستدلال وهى مثبتة عند الطرف الاخر للذراع ج وتتحرك
عند حركته • والثانية ب وتعرف بمرآة الأفق نصفها مفضض والنصف الاخر
زجاجى • وتكون المرأتان متوازيتان عند انطباق صفر الورنية على صفر
تدريج القوس الدائرى •

٣ - قائم معدنى ق مثبت بالاطار جهة صفر تدريج القوس الدائرى
يمكن رفعه أو خفضه ، به منظار م لرصد الاهداف البعيدة خلال النصف
الزجاجى من مرآة الافق ب •

٤ - مسمار د للحركة البطيئة للورنية •

٥ - شرائح زجاجية ملونة ع تحجب أشعة الشمس اثناء الرصد •

نظرية السكستان :

تتلخص النظرية التى يعمل بها السكستان فى انه اذا سار شعاع من
الضوء فى مستو متعامد على مستوى مرأتين وارثد من الاولى الى الثانية ،
فان الزاوية المحصورة بين الشعاع الساقط أولا والمنعكس أخيرا تساوى ضعف
الزاوية المحصورة بين المرأتين •

بفرض أن ا ، ب مرأتان يصنعان بينهما الزاوية ا ب ج (شكل ٢٥) ،
وأن ش ا شعاع ساقط من الجسم ش على المرآة ا ثم انعكس على المرآة ب
ثم انطلق بعد ذلك فى الاتجاه ب د ، يكون الشعاع قد انحرف عن اتجاهه
سقوطه الاصلى ش بمقدار الزاوية ا د ب • وتنص النظرية على أن الزاوية
ا د ب تساوى ضعف الزاوية ا ب ج •

ولبرهنة ذلك ، من المعلوم من قوانين الضوء أن زاوية السقوط تساوى
زاوية الانعكاس ، أى أن الزاوية ش ا ه = الزاوية ب ا ج ، وكذا الزاوية
ا ب ع = الزاوية و ب ح • فى المثلث ا ح ب :

الزاوية الخارجية $\hat{أ ب ع} = \hat{ب ح أ} + \hat{ب أ ح}$

ولكن $\hat{ب أ ح} = \hat{ش أ ه} = \hat{و أ د}$ بالتقابل

$\therefore \hat{أ ب ع} = \hat{و أ د} + \hat{ب ج أ}$

$\therefore \hat{أ ب ع} = \hat{و ب ج}$ ،

$\therefore \hat{و ب ح} = \hat{و أ د} + \hat{ب ج أ}$

وفى المثلثين $\hat{أ د و}$ ، $\hat{ب و ح}$:

$\hat{و أ د} + \hat{أ د و} = \hat{و ب ح} + \hat{ب ح و}$

$= \hat{و أ د} + \hat{ب ح و} + \hat{ب ح و}$

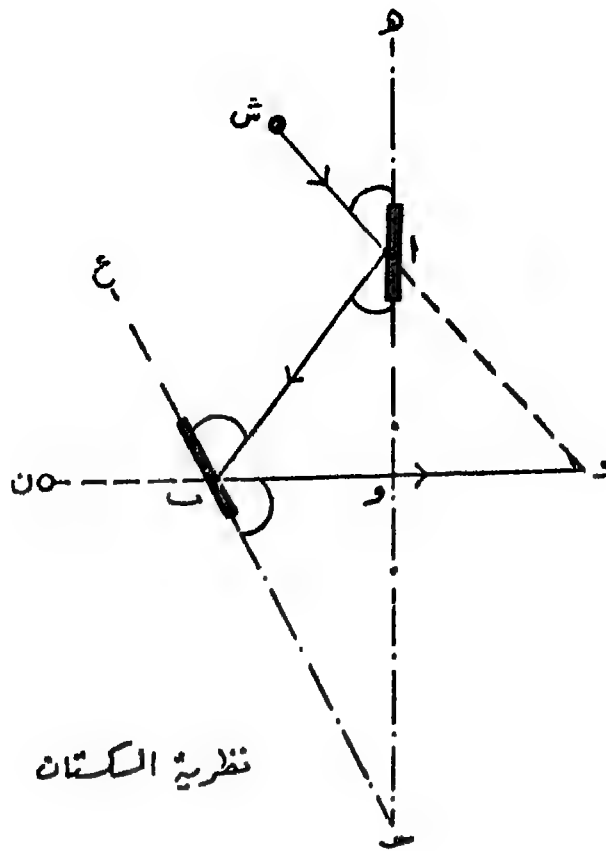
أى أن الزاوية $\hat{أ د و} =$ ضعف الزاوية $\hat{ب ح و}$

وهذا البرهان صحيح بشرط أن تكون المستقيمت $\hat{ش أ}$ ، $\hat{أ ب}$ ، $\hat{ب ح}$ فى مستوى واحد متعامد على مستوى المرأتين ، ولذا يجب مراعاة ذلك الشرط عند العمل بالسكستان .

إذا فرض أن الراصد ينظر فى الاتجاه $\hat{د ب ن}$ الى الجسم $ن$ من خلال النصف الزجاجى فى المرآة $\hat{ب}$ ، فانه سوف يرى فى نفس الوقت صورة الجسم $س$ منعكسة من المرآة $\hat{أ}$ ومنطبقا على الجسم $ن$ وعينه فى هذه الحالة تكون هى رأس الزاوية $\hat{س د ن}$ ، وهى ضعف الزاوية $\hat{أ ح ب}$ ، أى الزاوية المحصورة بين المرأتين $\hat{أ}$ ، $\hat{ب}$. ولذلك تسهلا للقراءة قد قسم القوس الدائرى $س ص$ الى أنصاف درجات ثم ترقيمها كدرجات كاملة ، فالقوس ومقداره الحقيقى ٦٠° قد قسم ورقم الى ١٢٠° .

طريقة الرصد :

يستعمل السكستان لقياس الزوايا التى رؤسها عين الراصد وضلعها الاول متجه نحو الافق والضلع الثانى متجه نحو الشمس أو النجم القطبى . ويشترط فى ذلك أن يكون مستوى الزاوية مواز لمستوى قوس الجهاز .



$$(نق + د نق) = ٢م + نق$$

$$نق + ٢ نق د نق + د نق = ٢م + نق$$

وبتجاهل د نق لتناهي صغر قيمتها

$$\therefore نق + ٢ نق د نق = ٢م + نق$$

وبقسمة طرفي المعادلة على ٢ نق

$$\therefore \frac{نق}{٢ نق} + \frac{٢م}{٢ نق} = \frac{٢ نق د نق}{٢ نق} + \frac{نق}{٢ نق}$$

$$\therefore \frac{نق}{٢ نق} + \frac{٢م}{٢ نق} = د نق + \frac{نق}{٢ نق}$$

$$\therefore د نق = \frac{نق}{٢ نق} + \frac{٢م}{٢ نق} + \frac{نق}{٢ نق}$$

$$\therefore د نق = \frac{٢م}{٢ نق}$$

ولما كانت المسافات م ، أب متناهية الصغر بالنسبة لسطح الارض فيمكن اعتبار الزاوية ف أ ح = أ ح ب .

$$\frac{أ ب}{\sqrt{٢ أب \times نق}} = \frac{أ ب}{م} = \text{انخفاض الافق}$$

فاذا عرف أ ب وهو ارتفاع عين الراصد من سطح الارض، وعرف مقدار نق الارض (٦٣٧٠ كم) أمكن حساب زاوية انخفاض الافق المطلوبة .

ولكن نتيجة لتأثير الانكسار الضوئي فان خط النظر أ ح لا يسير مستقيما حتى ح ولكنه يسير منحنيا نحو الافق لمسافة أبعد من النقطة ح ، ولذلك فان المعادلة السابقة تحتاج الى تعديل يدخل فيها معامل الانكسار الضوئي الذي يتغير مقداره بتغير ظروف الطقس والوقت وطبيعة المكان الذي يتم فيه الرصد . وهناك جداول تعطى مباشرة قيمة زاوية انخفاض الافق بالنسبة لارتفاع الراصد عن سطح الارض وفي مختلف فصول السنة .

الرصد على الافق الصناعى :

فى كثير من الاحوال يتعذر رؤية الافق الطبيعى كما هو الحال فى المدن أو الغابات أو المناطق الجبلية حيث يكون الافق محجوبا بالمبانى أو الاشجار أو المرتفعات ، فيستعمل فى مثل تلك الاحوال الافق الصناعى . والافق الصناعى عبارة عن سطح عاكس قد يكون سائلا أو صلبا . فان كان سائلا فيكون غالبا من الزئبق ، وفى هذه الحالة يشترط أن يكون الاناء متسعا حتى لا يتأثر استواء السطح بخاصية انحناء السوائل عند جوانب الاناء . ويغطى اناء الزئبق بـ سطح زجاجى حتى لا يتأثر بالرياح . أما اذا كان السطح صلبا - وهذا هو الغالب - فانه يصنع من زجاج قائم اللون مصقول جيدا . ويشترط أن يكون بالافق الصناعى الصلب ثلاثة مسامير تسوية حتى يمكن جعل سطحه أفقيا بمساعدة ميزان تسوية .

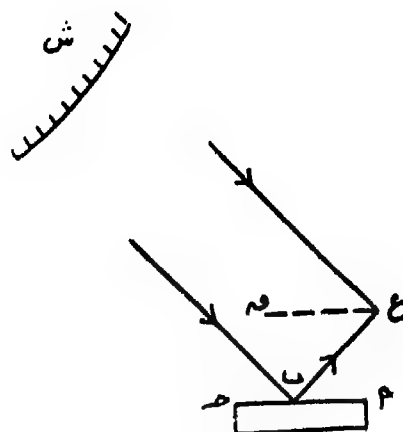
والرصد على الافق الصناعى لايجاد زوايا ارتفاع الشمس أو النجم القطبى يغنى عن الرصد على الافق الطبيعى للأسباب التى ذكرت سابقا بالإضافة الى عدم الحاجة الى حساب زاوية انخفاض الافق أو استخراجها من الجداول الخاصة بها . ونظرية الافق الصناعى تنص على أن الزاوية المحصورة بين جسم ما وصورة انعكاسه المرتدة عن سطح فى المستوى الافقى تساوى ضعف زاوية ارتفاع الجسم .

نفرض أن ش جرم سماوى تسقط أشعة متوازية لبعده العظيم ، وأن أ ح سطح الافق الصناعى (شكل ٢٧) وأن عين الراصد عند ع . يرى الراصد فى هذه الحالة الجسم ش مباشرة بواسطة الشعاع ش ع ويراه منعكسا من الافق الصناعى أ ب بالشعاع المنكسر ش ب ع . أما زاوية ارتفاع الجسم ش فهى الزاوية ش ع ق باعتبار أن ع ق يمثل المستوى الافقى ويوازي أ ب ع ق // أ ب

$$\therefore \angle ش ع ق = \angle ع ب أ \text{ بالتبادل}$$

$$\angle ش ع ق // \angle ش ب$$

$$\therefore \angle ش ع ق = \angle ش ب ح \text{ بالتناظر}$$



شكل رقم (٢٧)

ولكن $\angle ع ب ا = \angle ش ب ح$ (زاوية السقوط = زاوية الانعكاس)

$\therefore \angle ش ع ق = \angle ق ع ب$

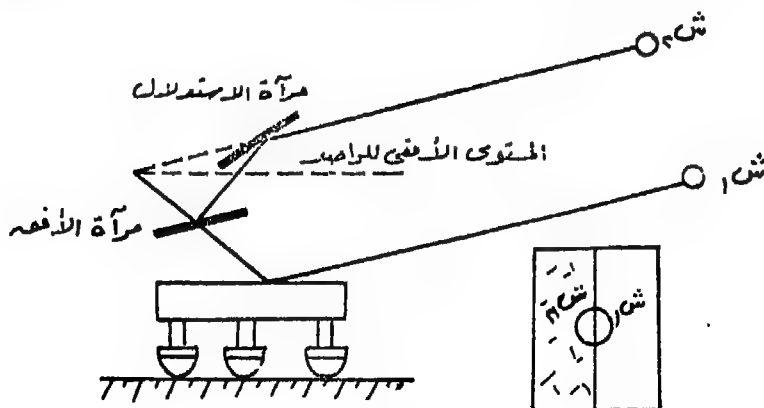
أي أن $\angle ش ع ب =$ ضعف زاوية الارتفاع المطلوبة .

فاذا أمكن قياس الزاوية $\angle ش ع ب$ بالسكستان فانه بقسمتها على اثنين

ينتج زاوية الارتفاع المطلوبة .

ولرصد زاوية ارتفاع الشمس بواسطة الأفق الصناعي ، يوضع الأخير

على الأرض أمام الراصد وتسوى أفقيته بواسطة مسامير التسوية ، ويقف



شكل رقم (٢٨)

الراصد عنى بعد مناسب حتى يرى صورة الشمس منعكسة منه ، ويمسك بالسكستان فى وضع رأسى ويوجه النظر من خلال مرآة الافق الى الافق الصناعى من نصفها الزجاجى، ثم يدير ذراع الورنية المتصل بمرآة الاستدلال حتى تظهر صورة الشمس فى النصف المفضض من مرآة الافق بعد انعكاسها على مرآة الاستدلال حتى يتكامل نصفى الشمس (شكل ٢٨) بقراءة الزاوية على القوس الدائرى وقسمتها على اثنين ينتج زاوية ارتفاع الشمس المطلوبة.

الفصل الثالث

المسافات والانحرافات الجغرافية على سطح الأرض

المسافات على سطح الأرض :

يتخذ الشكل الكروي أساسا للتعرف على قيمة المسافة بين مكانين معلوم احداثياتهما الجغرافية وايضا لحساب انحراف احدهما عن الاخر كما يتخذ من القيمة ٦٣٧٠ كم نصف قطر للأرض ، وهي تعطى نتائج قريبة جدا من الصحة في المناطق المتوسطة بين الاستواء والقطب . ونتائج جغرافية مقبولة عند الاستواء والقطب .

الميل الجغرافي : يعتبر الميل الجغرافي وحدة قياس للمسافات على سطح الأرض ، وهو عبارة عن طول القوس المقابل لزاوية مركزية قدرها دقيقة واحدة على خط زوال عند الاستواء . ولما كانت الأرض في حساباتنا الجغرافية كرة تامة التكور فانه يمكن اعتبار الميل الجغرافي بأنه طول دقيقة واحدة على قوس من دائرة عظمى على سطح الأرض .

وقد عرفنا سابقا أن محيط الأرض = ٢ ط نق = ٣١٤١٦ × ٢
 × ٦٣٧٠ = ٤٠٠٢٣٩ كم

∴ طول القوس المقابل لزاوية قدرها دقيقة واحدة (الميل الجغرافي)

$$٢ ط نق = \frac{٢ \times ٣١٤١٦ \times ٢}{٦٠ \times ٣٦٠} = \frac{٨٥٢ \text{ كم} = ١٨٥٢ \text{ مترا}}{٦٠ \times ٣٦٠}$$

المسافة على خط الزوال : يعتبر خط الزوال نصف محيط دائرة عظمى على سطح الأرض ، ولذلك فانه يمكن ايجاد المسافات عليه بالاميال الجغرافية . فاذا كان المراد حساب المسافة على أى خط زوال بين نقطة واقعة على دائرة عرض ٢٥° شمالا ، والنقطة الواقعة على دائرة عرض ٤٠° شمالا يجرى التالي :

$$\begin{aligned} \text{فرق العرض بالدقائق} &= 40 - 25 = 15 \times 60 = 900 \text{ دقيقة} \\ \text{المسافة بين النقطتين} &= 900 \text{ ميل جغرافى} = 1852 \times 900 \\ &= 1666800 \text{ كم} \end{aligned}$$

مثال :

احسب المسافة على خط زوال بين نقطتى تقاطعه مع دائرة عرض
 $28^\circ 13'$ شمالا $46^\circ 32'$ جنوبا .

الحل :

$$\begin{aligned} \text{فرق العرض بالدقائق} &= 28^\circ 13' + 46^\circ 32' = 74^\circ 45' \\ &= 2774 \text{ دقيقة} \end{aligned}$$

$$\text{المسافة} = 2774 \text{ ميل جغرافى} = 1852 \times 2774 = 5137448 \text{ كم}$$

المسافة على دائرة عرض (التباعد) : تسمى المسافات على دوائر العرض بالتباعد . ومن المعروف أن أطوال محيطات دوائر العرض تتناقص بالاتجاه نحو القطبين ، ودائرة الاستواء هى الدائرة العظمى الوحيدة فى دوائر العرض والتي يمكن حساب المسافات عليها بين خطوط الزوال بنفس طريقة حساب المسافات على خطوط الزوال .

$$\begin{aligned} \text{المسافة على دائرة الاستواء بين خطى زوال } 30^\circ \text{ شرقا ، } 52^\circ 12' \text{ غربا} \\ = \text{التباعد بالدقائق} = 52^\circ 12' + 30^\circ 00' = 82^\circ 12' \\ = 2572 \text{ دقيقة} \end{aligned}$$

$$\therefore \text{المسافة} = 2572 \text{ ميل جغرافى} .$$

$$= 1852 \times 2572 = 4763344 \text{ كم}$$

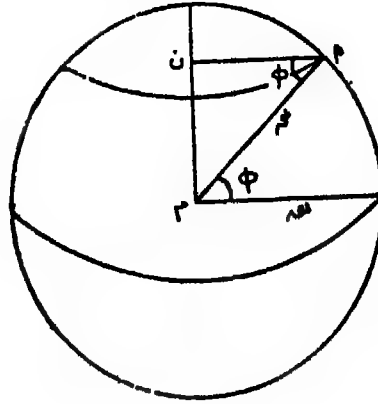
ولحساب المسافات (التباعد) على دوائر العرض تتبع الطريقة التالية :

فى (شكل ٢٩) أ نقطة على دائرة العرض φ ، ن مركزها ، م مركز الارض . فى المثلث م أن :

$$م أ = \text{نصف قطر الارض} = \text{نق الارض}$$

$$ن أ = \text{نصف قطر دائرة العرض } \varphi = \text{نق } \varphi$$

$$\begin{aligned} \text{م} \hat{\text{أ}} \text{ن} &= \text{درجة عرض } \phi \\ \therefore \text{ن} \hat{\text{أ}} \text{م} &= \text{م} \hat{\text{أ}} \text{جنا} \phi = \text{نق الارض جنا} \phi = \text{نق جنا} \phi \end{aligned}$$



شكل رقم (٢٩)

∴ طول محيط دائرة العرض $\phi = 2 \times \text{نق جنا} \phi$

طول محيط دائرة عرض ٥٠° شمالا

$$= 2 \times 31416 \times 6370 \times \text{جنا} 50^\circ$$

$$= 2 \times 31416 \times 6370 \times 0.6428$$

$$= 25727417 \text{ كم}$$

وطول المسافة على دائرة عرض ٥٠° شمالا بين نقطتي تقاطعها مع خط زوال ١٢° شرقا ، وخط زوال ١٠° غربا

$$= \frac{2 \times \text{نق جنا} \phi \times \text{فرق الطول بالدقائق}}{60 \times 360}$$

$$= \frac{2 \times 31416 \times 6370 \times 0.6428 \times 22 \times 60}{60 \times 360}$$

$$= 1572231 \text{ كم}$$

وهناك طريقة عملية سهلة لحساب التباعد هي :

$$\begin{aligned} \text{طول محيط دائرة العرض } \varphi &= \text{طول محيط الاستواء} \times \text{جتا } \varphi \\ 360^\circ \text{ طول على دائرة العرض } \varphi &= 360^\circ \text{ طول دائرة الاستواء} \\ &\times \text{جتا } \varphi \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 1^\circ \text{ طول على دائرة العرض } \varphi &= 1^\circ \text{ طول على دائرة الاستواء} \\ &\times \text{جتا } \varphi \end{aligned}$$

∴ التباعد = فرق الطول \times جتا العرض

ولايجاد التباعد بين طول 12° شرقاً ، 10° غرباً على دائرة العرض 50° شمالاً :

$$\text{فرق الطول} = 12 + 10 = 22^\circ = 1320 \text{ دقيقة}$$

$$\text{المسافة المقابلة على الاستواء} = 1320 \text{ ميل جغرافى}$$

$$\text{التباعد على دائرة عرض } 50^\circ = 1320 \times \text{جتا } 50^\circ = 848496 \text{ ميل}$$

$$\text{جغرافى} = 848496 \times 1852 = 1571415$$

مثال :

احسب المسافة على دائرة العرض 60° جنوباً بين نقطتى تقاطعها مع خطى زوال $10^\circ 16' 16''$ شرقاً ، $24^\circ 14' 50''$ غرباً

الحل :

$$\text{فرق الطول} = 360^\circ - (24^\circ 14' 50'' + 10^\circ 16' 16'') = 360^\circ - 34^\circ 31' 06'' = 325^\circ 28' 54''$$

$$325^\circ 28' 54'' = 195294 \text{ دقيقة}$$

$$\text{المسافة المقابلة على الاستواء} = 195294 \text{ ميل جغرافى}$$

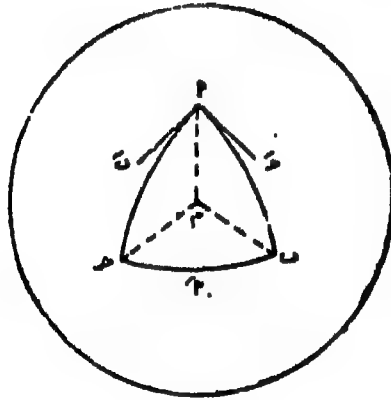
$$\text{المسافة المطلوبة على دائرة العرض } 60^\circ \text{ جنوباً (التباعد)}$$

$$= 195294 \times \text{جتا } 60^\circ =$$

$$= 195294 \times 0.5 = 97647 \text{ ميل جغرافى}$$

$$= 97647 \times 1852 = 180852 \text{ كم}$$

المسافة بين مكانين على سطح الأرض : يقصد بالمسافة بين مكانين على سطح الأرض المسافة الواقعة على قوس الدائرة العظمى التى تصل بينهما . ويتم حساب أطوال المسافات باستخدام حساب المثلثات الكروية . والمثلث الكروى عبارة عن مثلث ناتج من تقاطع ثلاث دوائر عظمى على سطح الأرض (شكل ٣٠) . وللمثلث الكروى أ ب ج ثلاث زوايا وثلاثة أضلاع . وتقاس الزاوية مثلا بين المماسين المرسومين عند النقطة أ للدائرتين أ ب ، أ ج ، وهكذا بالنسبة للزاويتين الأخرتين . وتقدر قيمة الضلع أ ب (حـ) بمقدار الزاوية المحصورة عند مركز الكرة بين نصفى القطرين المارين بالنقطتين ! ، ب وهكذا بالنسبة للضلعين الآخرين . وفى أى مثلث كروى يمكن بمعرفة ثلاثة عناصر إيجاد قيمة العناصر الثلاثة الأخرى . وخواص المثلث الكروى هى .



شكل رقم (٣٠)

- ١ - مجموع أى ضلعين فى المثلث الكروى أكبر من الضلع الثالث .
- ٢ - مجموع زوايا المثلث الكروى أكبر من ١٨٠° وأقل من ٥٤٠° .
- ٣ - مجموع أضلاع المثلث الكروى أقل من ٣٦٠° .

القوانين العامة للمثلثات الكروية : ترتبط زوايا وأضلاع المثلث الكروى بعدة علامات أساسية . وعادة يرمز للضلع أ ب بالرمز (جـ) ، وللضلع ب ج (أ) ، وللضلع ح أ (ب) وذلك فى المثلث أ ب ج .

قوانين جيب التمام للأضلاع :

$$\text{جتا } 1 = \text{جتا } 1 \text{ جتا } 2 + \text{جا } 1 \text{ جا } 2 \text{ جتا } 3$$

$$\text{جتا } 2 = \text{جتا } 2 \text{ جتا } 1 + \text{جا } 2 \text{ جا } 1 \text{ جتا } 3$$

$$\text{جتا } 3 = \text{جتا } 3 \text{ جتا } 1 + \text{جا } 3 \text{ جا } 1 \text{ جتا } 2$$

قوانين جيب التمام للزوايا :

$$\text{جتا } 1 = - \text{جتا } 2 \text{ جتا } 3 + \text{جا } 2 \text{ جا } 3 \text{ جتا } 1$$

$$\text{جتا } 2 = - \text{جتا } 3 \text{ جتا } 1 + \text{جا } 3 \text{ جا } 1 \text{ جتا } 2$$

$$\text{جتا } 3 = - \text{جتا } 1 \text{ جتا } 2 + \text{جا } 1 \text{ جا } 2 \text{ جتا } 3$$

قوانين الجيب :

$$\frac{\text{جا } 1}{\text{جتا } 1} = \frac{\text{جا } 2}{\text{جتا } 2} = \frac{\text{جا } 3}{\text{جتا } 3}$$

مثال : حل المثلث الكروى أ ب ح الذى فيه أ = ١٠°٤٩ ، ب =

$$٢٥°٥٨ ، ج = ٤٢°٥٦$$

الحل : المقصود بطل المثلث أى حساب قيمة زواياه اذا عرفت قيم

أضلاعه ، أو حساب قيم أضلاعه اذا عرفت مقدار زواياه .

والمثلث فى المثال معلوم قيم أضلاعه . المطلوب قيم زواياه .

وباستخدام قانون جيب التمام للأضلاع :

$$\text{جتا } 1 = \text{جتا } 2 \text{ جتا } 3 + \text{جا } 2 \text{ جا } 3 \text{ جتا } 1$$

$$\frac{\text{جتا } 1 - \text{جتا } 2 \text{ جتا } 3}{\text{جا } 2 \text{ جا } 3} = \text{جتا } 1$$

$$\frac{\text{جتا } 1 - \text{جتا } 2 \text{ جتا } 3}{\text{جا } 2 \text{ جا } 3} =$$

$$\frac{0.6538 - 0.5238 \times 0.5490}{0.8358 \times 0.8519} =$$

$$= 0.5145 \text{ ر وبالكشف فى جدول جيب التمام}$$

$$\therefore \text{زاوية أ} = 59^\circ 2'$$

وبنفس الطريقة نحصل على قيمة الزاوية ب^أ وهى = $53^\circ 74'$ ، وعلى قيمة الزاوية ج^أ وهى = $15^\circ 71'$.

ويمكن أيضا بعد الحصول على قيمة الزاوية أ^أ بتطبيق قانون الجيب للمحصل على قيمة الزاوية ب^أ وقيمة الزاوية ج^أ ، وذلك على النحو التالى :

$$\frac{\text{جأ}}{\text{جأ}^{\text{ب}}} = \frac{\text{جأ}}{\text{جأ}^{\text{ب}}}$$

$$\therefore \text{جأ} = \frac{\text{جأ}^{\text{ب}} \times \text{جأ}^{\text{أ}}}{\text{جأ}^{\text{ب}}} = \frac{0.5145 \times 0.5825}{0.5910}$$

$$\frac{0.8575 \times 0.8519}{0.7567} =$$

$$= 0.9654 \text{ ر وبالكشف فى جدول الجيوب}$$

$$\therefore \text{زاوية ب} = 53^\circ 74'$$

مثال آخر : حل المثلث الكروى أ ب ج الذى فيه $\angle \text{أ} = 40^\circ$ ، $\angle \text{ج} = 75^\circ$ ، وزاوية ب = 56°

$$\text{الحل : جتا ب} = \frac{\text{جتا أ} \times \text{جتا ج} + \text{جتا ب} \times \text{جتا ج}}{\text{جتا أ} \times \text{جتا ج} + \text{جتا ب} \times \text{جتا ج}}$$

$$\text{جتا } 75^\circ \times \text{جتا } 56^\circ + \text{جتا } 40^\circ \times \text{جتا } 56^\circ$$

$$= 0.3588 \times 0.7760 + 0.9659 \times 0.7628 \times 0.5592$$

$$= 0.5454$$

$$\therefore \text{ب} = 58^\circ 56'$$

$$\text{وبتطبيق قانون الجيوب : } \frac{\text{جا 1}}{\text{جا ب}} = \frac{\text{جا 1}}{\text{جا ب}}$$

$$\frac{76428 \times 8290}{8382} = \frac{56^\circ \text{ جا} \times 50^\circ \text{ جا}}{57^\circ 56' \text{ جا}} = \frac{\text{جا ب} \times 1^\circ \text{ جا}}{\text{جا ب}} = 1^\circ \text{ جا}$$

$$= 6357.0$$

$$\therefore 1 = 28^\circ 39'$$

وبتطبيق قانون جيب تمام الزوايا :

$$\text{جتا ح} = - \text{جتا 1 جتا ب} + \text{جا 1 جا ب جتا ج}$$

$$= - \text{جتا 28}^\circ 39' \times \text{جتا 56}^\circ + \text{جا 28}^\circ 39' \times \text{جا 56}^\circ \times \text{جتا 75}^\circ$$

$$= - 0.7734 \times 0.5592 + 0.6356 \times 8290 \times 0.2588$$

$$= - 0.4325 + 0.1364$$

$$= - 0.2961 \text{ وبالكشف فى جدول جيوب التمام}$$

$$\therefore \text{الزاوية ح} = 103^\circ 17'$$

نعود الى حساب طول المسافة بين مكانين ، ويتم ذلك عن طريق حل المثلث الكروى الذى تتكون رؤوسه الثلاثة من المكانين والقطب ، وفى هذا المثلث يكون معلوما كلا الضلعين المارين بنقطة القطب وكذلك الزاوية المحصورة بينهما عند القطب .

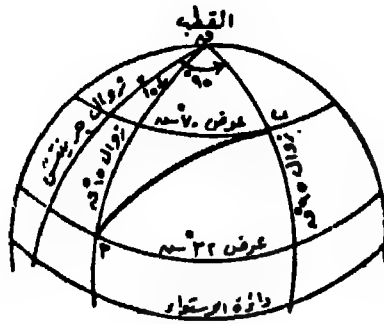
مثال : لحساب طول المسافة بين النقطتين أ (٣٢° شمالا ، ١٥° شرقا) ، ب (٧٠° شمالا ، ٩٥° شرقا) كما فى الرسم (شكل ٣١) .

$$\text{الحل : الضلع ق} = 90 - 32 = 58^\circ$$

$$\text{ق ب} = 90 - 70 = 20^\circ$$

$$\text{زاوية ق} = 95 - 15 = 80^\circ$$

$$- 70 -$$



شكل رقم (٣١)

جتاق = جتا أ جتاب + جا أ جاب جتا ق

$$= \text{جتا } ٢٠^\circ \text{ جتا } ٥٨^\circ + \text{جا } ٢٠^\circ \text{ جا } ٥٨^\circ \text{ جتا } ٨٠^\circ$$

$$= ٠.٩٣٩٧ \times ٥٢٩٩ + ٠.٣٤٢٠ \times ٠.٨٤٨٠ \times ١٧٣٦$$

$$= ٠.٤٩٧٩ + ٠.٥٠٧$$

$$= ٠.٥٤٨٢ \text{ وبالكشف فى جدول جيب التمام}$$

$$\therefore \text{ق} = ٣٤.٥ = ٥٦.٤٥ \text{ دقيقة}$$

$$\text{المسافة أ ب} = ٣٤.٥ \text{ ميل جغرافى}$$

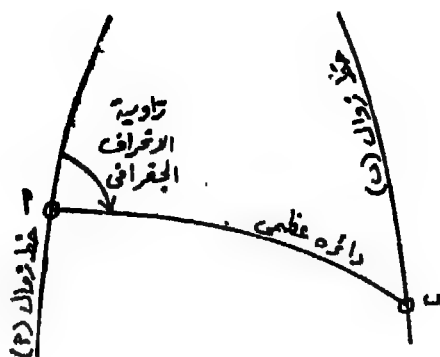
$$= ١٨٥٢ \times ٣٤.٥ = ٦٣٠.٦٠ \text{ كم}$$

الانحراف الجغرافى :

يعرف الانحراف الجغرافى بالاتجاه بالنسبة الى الشمال الجغرافى .
ويسمى اتجاه خط الزوال الذى يمر بمكان ما على سطح الارض والذى
يشير الى القطب الشمالى باتجاه الشمال الجغرافى ، وعليه يكون اتجاه
الجنوب الجغرافى عند هذا المكان هو اتجاه خط الزوال الذى يمر به مشيراً
نحو الجنوب الجغرافى . ويكون اتجاهى الشرق والغرب الجغرافيين
متعامدين على اتجاهى الشمال والجنوب الجغرافيين .

يعرف الانحراف الجغرافى للمكان (ب) عند المكان (أ) بقيمة الزاوية
التي يصنعها قوس الدائرة العظمى أ ب مع اتجاه الشمال الجغرافى عند أ

مقاسا ناحية الشرق (شكل ٣٢) . وعلى ذلك يقاس الانحراف الجغرافى من صفر° الى ٣٦٠° ويعرف بالانحراف الدائرى .



شكل (٣٢)

وهناك طريقة أخرى للتعبير عن الانحراف وتسمى طريقة الانحراف ربع الدائرى وفيها تنسب زاوية الانحراف الى الربع الجغرافى الذى تقع فيه .

مثال : انحراف دائرى ٥٢° = انحراف ربع دائرى ش ٥٢° ق
 انحراف دائرى ١١٥° = انحراف ربع دائرى ج ٦٥° ق
 انحراف دائرى ٢١٠° = انحراف ربع دائرى ح ٣٠° غ
 انحراف دائرى ٢٧٤° = انحراف ربع دائرى ش ٨٦° غ

حساب الانحراف :

يلزم لحساب انحراف مكان (مثل ب فى المثال السابق) عند ايجاد المسافة أ ب ثم بتطبيق قانون الجيب يتم الحصول على قيمة الزاوية ١ .
 المسافة أ ب (ق) = ٤٥° ٥٦° ومن قانون الجيب :

$$\frac{\text{جا } ١}{\text{جا } ٦} = \frac{\text{جا ق}}{\text{جا } ١}$$

$$\frac{\text{جا } ٢٠^\circ \times \text{جا } ٨٠^\circ}{\text{جا } ٥٦^\circ ٤٥'} = \frac{\text{جا } ١^\circ \text{ جاق}}{\text{جا } ١^\circ} = \text{جا } ١^\circ$$

$$= \frac{٠.٩٨٤٨ \times ٠.٣٤٢٠}{٠.٨٣٦٣} = ٠.٤٠٢٧ \text{ وبالكشف فى جدول}$$

الجيب زاوية ١ = ٢٣° ٤٥'

أى أن انحراف المكان (ب) عند المكان (أ) هو ٢٣° ٤٥' انحراف دائرى أو ش ٢٣° ٤٥' ق انحراف ربع دائرى .

وكذلك يمكن حساب انحراف (أ) عند (ب) بنفس الطريقة :

$$\frac{\text{جا } ١^\circ}{\text{جا } ١^\circ} = \frac{\text{جا ب}}{\text{جا ب}} = \frac{\text{جا } ١^\circ}{\text{جا } ١^\circ}$$

$$\frac{\text{جا ب} \times \text{جا } ١^\circ}{\text{جا } ١^\circ} = \frac{\text{جا ب} \times \text{جا } ١^\circ}{\text{جا } ١^\circ} = \text{جا ب}$$

وباستخدام القانون الاول :

$$\frac{٠.٨٤٨٠ \times ٠.٤٠٢٧}{٠.٣٤٢٠} = \frac{\text{جا } ٢٣^\circ ٤٥' \times ٠.٥٨٠٠}{\text{جا } ٥٢^\circ ٠٠'} = \text{جا ب} = ٠.٩٩٨٦$$

∴ زاوية ب = ٨٦° ٥٦' ٣٧

وباستخدام القانون الثانى :

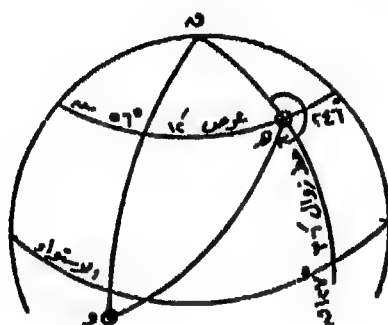
$$\frac{٠.٨٤٨ \times ٠.٩٨٤٨}{٠.٨٣٦٣} = \frac{\text{جا } ٨٠^\circ \times \text{جا } ٥٨^\circ}{\text{جا } ٥٦^\circ ٤٥'} = \text{جا ب} = ٠.٩٩٨٦$$

∴ زاوية ب = ٨٦° ٥٦' ٣٧

أى ان انحراف المكان (أ) عند المكان (ب) هو $37^{\circ} 56' 86''$ غ
انحراف ربع دائرى أو $37^{\circ} 56' 266''$ انحراف دائرى .

ويجب أن نلاحظ هنا أن انحراف (أ) عند (ب) هو انحراف خلفى
للمكان (ب) عند (أ) . وفى المساحة المستوية فإن الفرق بين الانحراف
الامامى والانحراف الخلفى $= 180^{\circ}$ ولكن هذه القاعدة لا تنطبق فى
المثلثات الكروية (المساحة الجيوديسية) .

مثال : أوجد الاحداثيات الجغرافية للمكان (و) الذى يبعد عن المكان
(هـ) بمسافة ٨٣٣٤ كم علما بأن انحراف (و) عند المكان (هـ) $= 246^{\circ}$
وأن الاحداثى الجغرافى للمكان (هـ) = عرض $12^{\circ} 56'$ شمالا ، طول
 $36^{\circ} 127'$ شرقا (شكل ٣٣) .



شكل رقم (٣٣)

الحل : فى المثلث ق هـ و :

$$ق هـ = 90^{\circ} - 12^{\circ} 56' = 77^{\circ} 48'$$

$$هـ و = 8334 + 1852 = 10186 \text{ دقيقة} = 169^{\circ} 50'$$

$$الزاوية هـ = 360^{\circ} - 246^{\circ} = 114^{\circ}$$

$$\text{جنا ق و} = \text{جنا ق هـ جتا هـ و} + \text{جنا هـ جتا هـ و جتا هـ}$$

$$= \text{جنا } 77^{\circ} 48' \times \text{جتا } 169^{\circ} 50' + \text{جنا } 114^{\circ} \times \text{جتا } 77^{\circ} 48'$$

$$\times \text{جتا } 169^{\circ} 50' \times \text{جتا } 114^{\circ} \times \text{جتا } 77^{\circ} 48'$$

$$= 0.8310 \times 0.2588 + 0.5063 \times 0.9609 \times (-0.4067) =$$

$$= 0.8310 \times 0.2588 - 0.5563 \times 0.9659 \times 0.4067$$

$$= 0.2151 - 0.2185$$

$$= -0.0034$$

$$\therefore \text{ق و} = 90.12'$$

$$\text{عرض و} = 00.12' \text{ جنوبا}$$

$$\text{جنا ه و} = \text{جنا ق و جتا ق ه} + \text{جا ق و جتا ق ه جتا ق}$$

$$\text{جنا } 00.75' = 90.12' \times \text{جنا } 33.48' + \text{جا } 90.12' \times \text{جا}$$

$$33.48' \text{ جتا ق و}$$

$$0.2588 = -0.0034 \times 0.8310 + 0.5563 \times 1.0000 \times \text{جتا ق}$$

$$\text{جتا ق} = \frac{0.2588 + 0.0034 \times 0.8310}{0.5563} = 0.4703$$

$$\text{الزاوية ق} = 61.56'$$

$$\therefore \text{طول و} = 127.36' - 61.56' = 65.80' \text{ شرقا}$$

$$\text{الاحداثيات الجغرافية للمكان (و)} = \text{عرض } 00.12' \text{ جنوبا ،}$$

$$65.80' \text{ شرقا}$$

$$\text{تطبيق : ايجاد مساحة منطقة بين دائرتي عرض على سطح الارض}$$

$$\text{مساحة منطقة محصورة بين دائرتي عرض } \varphi 1 , \varphi 2$$

$$= 2 \text{ طنق (جا } \varphi 1 - \text{جا } \varphi 2)$$

$$\text{مثال : اوجد مساحة المنطقة المحصورة بين دائرتي } 50' \text{ شمالا ، } 70' \text{ شمالا ،}$$

$$\text{الحل : المساحة} = 2 \text{ طنق (جا } 70' - \text{جا } 50')$$

$$= 2 \times 3.1416 \times 6370 \times 6370 \times (0.9397 - 0.7660)$$

$$= 4429 \text{ مليون كم}^2$$

$$\text{مثال آخر : احسب مساحة المنطقة المحصورة بين دائرتي العرض } 7' \text{ جنوبا ،}$$

$$30' \text{ شمالا}$$

الحل : المساحة = ٢ طنق (جا ٧ - جا (٣٠ -) .

$$= ٢ طنق (جا ٧ + جا ٣٠)$$

$$= ٢ \times ٣١٤١٦ \times ٦٣٧٠ \times ٦٣٧٠ \times (٠.١٢١٩) +$$

$$(٠.٥٠٠٠)$$

$$= ١٥٨٥٦ \text{ مليون كم}^2$$

مثال آخر : احسب مساحة المنطقة المحصورة بين ٣٨° جنوباً ، والقطب الجنوبي (طاقة الأرض) .

$$\text{المساحة} = ٢ طنق (جا ٩٠ - جا ٣٨) .$$

$$= ٢ طنق (١ - جا ٣٨)$$

$$= ٩٨ \text{ مليون كم}^2 .$$

حساب الاحداثيات الجغرافية والمسافات والانحرافات بين النقط القريبة :

يطلق على هذه العمليات الجغرافية اسم حساب الاقواس الصغيرة ، ويقصد بها تلك المسافات التي لا تزيد عن ٢٠ ميل جغرافى أى قوس مقداره ٢٠ دقيقة أى حوالى ٣٧ كم . وفى مثل هذه المسافات القصيرة لايؤثر انحناء الأرض فى دقة النتائج التى نحصل عليها . وتستخدم فى هذه الحسابات معادلات مبسطة لايجاد الاحداثيات الجغرافية لنقطة ما عن طريق معرفة بعدها وانحرافها عن نقطة أخرى معلوم احداثياتها . وتعرف هذه المعادلات بقوانين العرض الاوسط . كما يلزم أن يكون الميل الجغرافى هو وحدة القياس ، والانحراف الجغرافى من نوع ربع الدائرى .

تسوانين العرض الاوسط .

$$١ - \text{فرق العرض} = \text{المسافة} \times \text{جتا الانحراف}$$

$$٢ - \text{التباعد} = \text{المسافة} \times \text{جا الانحراف} = \text{فرق الطول} \times \text{جتا العرض الاوسط} .$$

$$٣ - \text{فرق الطول} = \frac{\text{التباعد}}{\text{جتا العرض الاوسط}}$$

$$٤ - \frac{\text{التباعد}}{\text{فرق العرض}} = \text{ظا الانحراف}$$

$$٥ - \frac{\text{المسافة}}{\text{جتا الانحراف}} = \text{فرق العرض}$$

ويمكن توضيح كيفية استخدام تلك القوانين فى الامثلة التالية :

مثال (١) : اذا كانت الاحداثيات الجغرافية للنقطة أ هى : ٣٩° ١٨' ٣٦" شمالا ، ٧٤° ٣٥' ٥٢" شرقا ، وكانت المسافة أ ب = ٢١٤٣٩ كم والانحراف الجغرافى للنقطة ب عند النقطة أ هو ٦٨° ٣٩' .

اوجد الاحداثيات الجغرافية للنقطة ب .

$$\text{طول المسافة أ ب بالميل الجغرافى} = ٢١٤٣٩ + ١٨٥٢ = ١١٥٧٦١$$

$$\text{طول المسافة أ ب بالدقائق} = ١١٥٧٦١ \text{ دقيقة}$$

$$\text{الانحراف الجغرافى ربع الدائرى} = ٦٨° ٣٩' \text{ ش ق}$$

$$\text{فرق العرض} = \text{المسافة} \times \text{جتا الانحراف}$$

$$= ١١٥٧٦١ \times \text{جتا } ٦٨° ٣٩'$$

$$= ١١٥٧٦١ \times ٣٦٤١ = ٤٢١٤٥$$

شمالا

$$\text{عرض النقطة ب} = \text{عرض النقطة أ} + \text{فرق العرض}$$

$$= ٣٩° ١٨' ٣٦" + ٤٢١٤٥' = ٣٩° ٢٢' ٥٧"$$

$$٣٩° ٢٢' ٥٧"$$

$$\text{عرض النقطة أ} + \text{عرض النقطة ب}$$

$$= \frac{\text{عرض النقطة أ} + \text{عرض النقطة ب}}{٢}$$

$$\text{العرض الاوسط}$$

$$= \frac{٣٩° ٢٢' ٥٧" + ٣٩° ١٨' ٣٦"}{٢}$$

$$= ٣٩° ٢٠' ٤٦٥"$$

$$\begin{aligned} \text{التباعد} &= \text{المسافة} \times \text{جا الانحراف} \\ &= ١١٥٧٦١ \times \text{جا } ٣٩^\circ ٦٨' \\ &= ١١٥٧٦١ \times ٠.٩٣١٤ = ١٠٧٨١٧ \\ &\text{شرقا} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{فرق الطول} &= \frac{\text{التباعد}}{\text{جتا العرض الاوسط}} \\ &= \frac{١٠٧٨١٧}{\text{جتا } ٢٠.٤٦٥^\circ} \\ &= \frac{١٠٧٨١٧}{٠.٧٧٣٤} = ١٣٩٤٠٧' \\ \therefore \text{طول النقطة ب} &= \text{طول النقطة أ} + \text{فرق الطول} \\ &= ٣٥٧٤' ٥٢'' + ١٣٩٤٠٧' ١٣'' = ١٤٣٠٠٠' ٥٢'' \\ &= ١٤٣٠٠٠' ٥٢'' \end{aligned}$$

مثال (٢) : اذا كانت الاحداثيات الجغرافية لكل من النقطتين س ، ص كالتالى :

النقطة س : ٢٧.٤٨° شمالا ، ٢٢.٢٠° شرقا

النقطة ص : ٢٠.٩٢° شمالا ، ٣٠.٧٠° شرقا

احسب المسافة بينهما ، وأوجد الانحراف الجغرافى للنقطة ص عند النقطة س .

$$\begin{aligned} \text{فرق العرض} &= ٢٠.٩٢^\circ - ٢٧.٤٨^\circ = ٦.٥٦^\circ \text{ جنوبا} \\ \text{فرق الطول} &= ٣٠.٧٠^\circ - ٢٢.٢٠^\circ = ٨.٥٠^\circ \text{ شرقا} \\ \text{العرض الاوسط} &= \frac{٢٠.٩٢^\circ + ٢٧.٤٨^\circ}{٢} = ٢٤.٢٠^\circ \end{aligned}$$

$$\text{التباعد} = \text{فرق الطول} \times \text{جتا العرض الاوسط}$$

$$= ٤٥٠' \times ٢٤٣٠' ١٥'$$

$$= ٤٥٠' \times ٩٦٤١ = ٤٣٣٨٤'$$

$$\text{خط الانحراف} = \frac{\text{التباعد}}{\text{فرق العرض}} = \frac{٤٣٣٨٤}{٦٥٦٠٠} = ٠.٦٦١٣$$

وبالكشف فى جداول الظلال

٠: الانحراف (انحراف ص عند س) = ٢٨٦' ٣٣' ق وهو انحراف ربع دائرى

$$\begin{aligned} &= ١٨٠' ٠٠' - ٢٨٦' ٣٣' \\ &= ١٤٦' ٣١' \end{aligned}$$

$$\text{المسافة بين النقطتين س ، ص} = \frac{\text{فرق العرض}}{\text{جتا الانحراف}}$$

$$= \frac{٦٥٦}{\text{جتا } ٢٨٦' ٣٣'}$$

$$= \frac{٦٥٦}{٨٣٤١} = ٧٨٦٤٨$$

$$= ٧٨٦٤٨ \text{ ميل جغرافى}$$

$$= ١٤٥٦٦ \text{ كم} = ١٨٥٢ \times ٧٨٦٤٨$$

الفصل الرابع

تحديد الموقع الجغرافي والانحراف الجغرافي

بواسطة الاجرام السماوية

يقصد بتحديد الموقع الجغرافي لمكان ما ، وكذلك الانحراف الجغرافي لخط ما على سطح الارض بواسطة رصد الاجرام السماوية بالمساحة الفلكية ، وذلك عندما تكون منطقة الدراسة بعيدة عن المواقع المعلومة . ولدراسة حركة الاجرام السماوية والاستفادة منها في تحديد المواقع والانحرافات ينبغي دراسة التعريفات الفلكية التالية (شكل ٣٤، شكل ٣٥) :

١ - الكرة السماوية : لدراسة حركة الاجرام السماوية امكن تخيل كرة مركزها هو مركز الارض . وهذه الكرة لا نهائية في الكبر ، وتبدو الاجرام السماوية على شكل نقط على سطحها الداخلى . ويتم دراسة مواقع الاجرام على تلك الكرة بصرف النظر عن اختلاف بعدها عن الارض عن طريق قياس الزوايا . ونتيجة لحركة الارض اليومية حول محورها من الغرب الى الشرق يبدو لنا أن الكرة السماوية تدور حول نفس المحور حركة ظاهرية من الشرق الى الغرب ، وتكمل دورة واحدة كل ٢٣ ٥٦ ٤٠٩ ر . ث ق س

٢ - القطبان السماويان : هما النقطتان اللتان يقطع فيهما امتداد محور دوران الارض الكرة السماوية . ويقع القطب السماوى الشمالى ناحية القطب الارضى الشمالى ، والقطب السماوى الجنوبى ناحية القطب الارضى الجنوبى .

٣ - الاستواء السماوى : وهو الدائرة العظمى المرسومة على السطح الداخلى للكرة السماوية عمودية على محور دوران الارض أو بمعنى آخر

عمودية على محور دوران الكرة السماوية . وتقسم دائرة الاستواء السماوية الكرة السماوية الى نصفين شمالي وجنوبى .

٤ - خط الزوال السماوى : هو نصف دائرة عظمى على سطح الكرة السماوية تمر بالقطبين ، وتكون عمودية على الاستواء السماوى . وعلى ذلك فإى جرم على الكرة السماوية له خط زوال . يتضح من ذلك أن خطوط الزوال على الكرة السماوية تقابل خطوط الزوال على سطح الارض ، وأن خط زوال جرينتش على سطح الارض يقابله خط زوال على الكرة السماوية . ويتسمى باسمه . وكذلك أن خط زوال الراصد على سطح الارض يقابله خط زوال يسمى خط زوال الراصد أيضا على الكرة السماوية .

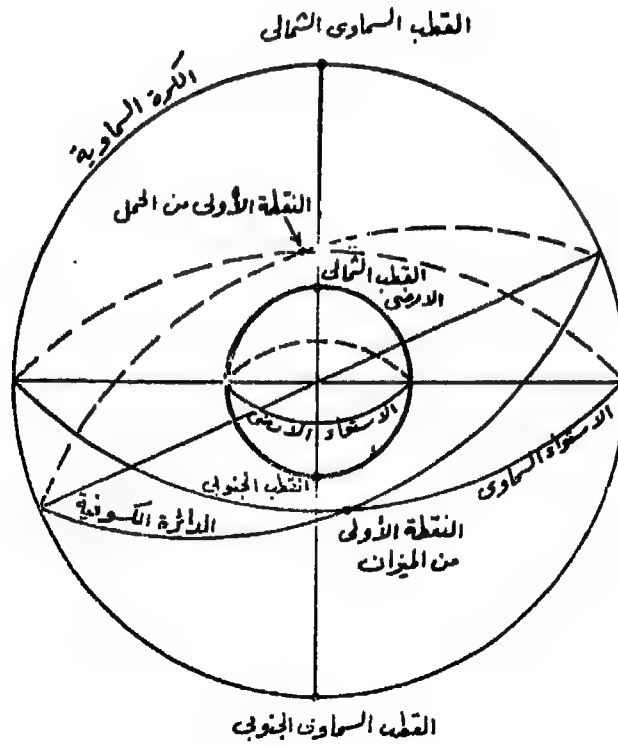
٥ - الدائرة الكسوفية أو دائرة البروج : تدور الارض حول الشمس ، ويخيل لسكان الارض أن الارض ثابتة وأن الشمس تدور حولها دورة سنوية متنقلة بين مجموعات النجوم . ويسمى المسار الظاهرى السنوى للشمس على الكرة السماوية بدائرة البروج . كما يسمى بالدائرة الكسوفية لأن ظاهرة كسوف الشمس تحدث اذا تصادف وجود القمر بين الشمس والارض ، ويكون فى مستوى الدائرة الكسوفية أو قريبا منها .

٦ - نقطة الاعتدال الربيعى أو النقطة الاولى من الحمل : يميل مستوى الدائرة الكسوفية على مستوى دائرة الاستواء بزاوية قدرها $23^{\circ}27'$ أى أن مستوى دائرة الاستواء السماوى لا يوازى مستوى الدائرة الكسوفية . وينتج عن عدم التوازى تقاطع الدائرة الكسوفية مع دائرة الاستواء فى نقطتين : النقطة الاولى تمر بها الشمس وقت زوال يوم ٢١ مارس من كل سنة ، وتسمى نقطة الاعتدال الربيعى ، كما تسمى النقطة الاولى من الحمل لانها بداية برج الحمل ، والنقطة الثانية تمر بها الشمس وقت زوال يوم ٢٢ سبتمبر من كل عام وتسمى نقطة الاعتدال الخريفى أو النقطة الاولى من الميزان .

٧ - السميت : هى النقطة على سطح الكرة السماوية على امتداد المسطح الرأسى للراصد على سطح الارض . وتقع نقطة السميت على خط زوال الراصد السماوى .

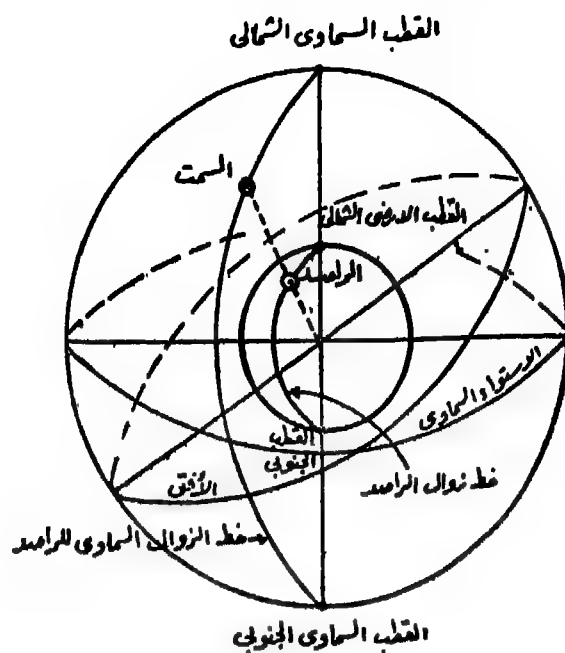
٨ - الافق : وهو المستوى الذى يمر بموقع الراصد على سطح الارض عمردى على الخط الراسى للراصد اى عمودى على سمت الراصد ويقطع الكرة السماوية فى دائرة الافق . ولما كانت المسافة بين موقع الراصد على سطح الارض وبين مركز الكرة السماوية - الذى هو مركز الارض - صغيرة جدا بالنسبة للكرة السماوية ، لذلك يمكن اعتبار ان مستوى الافق يمر بمركز الكرة السماوية . ولكن بالنسبة لافراد المجموعة الشمسية القريبة نسبيا من الارض يلزم الاخذ فى الاعتبار الحسابية ذلك الفرق بين المستوى المار بموقع الراصد والمستوى المار بمركز الكرة السماوية . ويسمى هذا الفرق باختلاف المنظر .

٩ - الدائرة الرأسية : هى الدائرة العظمى التى تمر بسمت الراصد وتكون عمودية على دائرة الافق . وتنطبق الدائرة الرأسية التى تمر بالقطب



شكل رقم (٣٤)

على خط زوال الراصد وتسمى بالدائرة الرأسية الرئيسية . وتقطع الدائرة الرأسية الرئيسية دائرة الانق في نقطتي الشمال والجنوب .



شكل رقم (٣٥)

الاحداثيات على سطح الكرة السماوية :

أولا - نظام الميل والزوايا الزمنية :

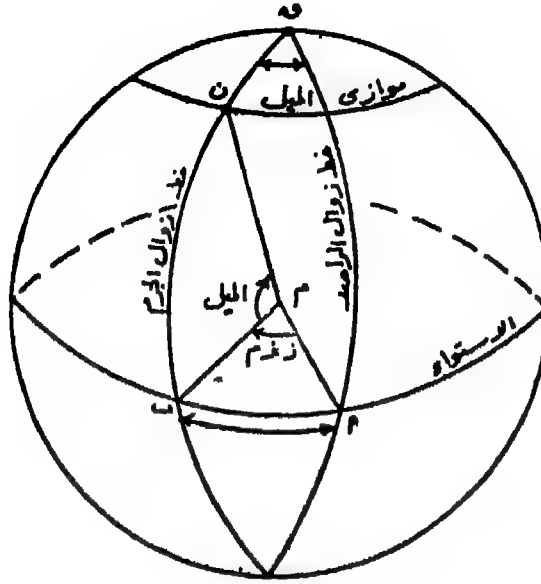
يشبه هذا النظام نظام الاحداثيات الجغرافية على سطح الارض ، كما يتفق هذا النظام مع الحركة الظاهرية اليومية للأجرام السماوية . فالمسار اليومي لنجم عبارة عن دائرة صغيرة على سطح الكرة السماوية موازية لدائرة الاستواء وعمودية على محور الدوران اليومي . ويقطع النجم هذه

الدائرة في فترة زمنية قدرها ٤ ث ٥٦ ق ٢٣ س تقريبا . ويتحدد موقع الجرم السماوي في أية لحظة بالاحداثيين التاليين :

١ - الميل : وهو الزاوية المركزية التي مركزها الكرة السماوية بين نصف القطر الذي يمر بالجرم السماوي وبين مستوى الاستواء السماوي . وهو أيضا

طول القوس على خط زوال الجرم من الاستواء حتى موقع الجرم. ويقاس الميل اما شمالا أو جنوبا من صفر عند الاستواء الى ٩٠ عند القطب .
ويسمى خط المسار اليومي لنجم ما باسم «موازي الميل» نظرا لانه يوازي الاستواء السماوى ، كما يحتفظ بقيمة ثابتة تقريبا للميل .

ميل الجرم = الزاوية ب م ن = القوس ب ن (شكل ٣٦) .



شكل رقم (٣٦)

٢ - الزاوية الزمنية المحلية (ز م) : هى الزاوية بين خطين من خطوط الزوال أحدهما يعتبر محورا أساسيا للقياس أى خط بدء القياس .
ولما كان الجرم السماوى يقطع ٣٦٠° فى زمن مكرر قدره ٢٤ ساعة تقريبا أطلق على تلك الزاوية اسم الزاوية الزمنية . والزاوية الزمنية المحلية هى الزاوية عند القطب أو طول القوس على الاستواء السماوى بين خط زوال الجرم وخط زوال الراصد . وتقاس الزاوية الزمنية المحلية غربا من صفر عند خط زوال الراصد الى ٣٦٠° .

الزاوية الزمنية المحلية للجرم (ن) = الزاوية أ ق ب أو الزاوية أ م ب = القوس أب (شكل ٣٧) .

٣ - الزاوية الزمنية الجرينتشيية (ز ز ج) : هى الزاوية عند القطب واطول القوس على الاستواء السماوى بين خط زوال الجرم وخط زوال جرينتش السماوى . وتقاس غربا من صفر عند خط زوال جرينتش الى ٣٦٠° .

العلاقة بين الزاوية الزمنية المحلية والزاوية الزمنية الجرينتشيية : يمكن من (شكل ٣٧) التعرف على العلاقة بين الزاوية الزمنية المحلية للجرم (ن) ويمثلها القوس ا ب والزاوية الزمنية الجرينتشيية للجرم ويمثلها القوس ح ب ، وطول الراصد ويمثله القوس ح ا

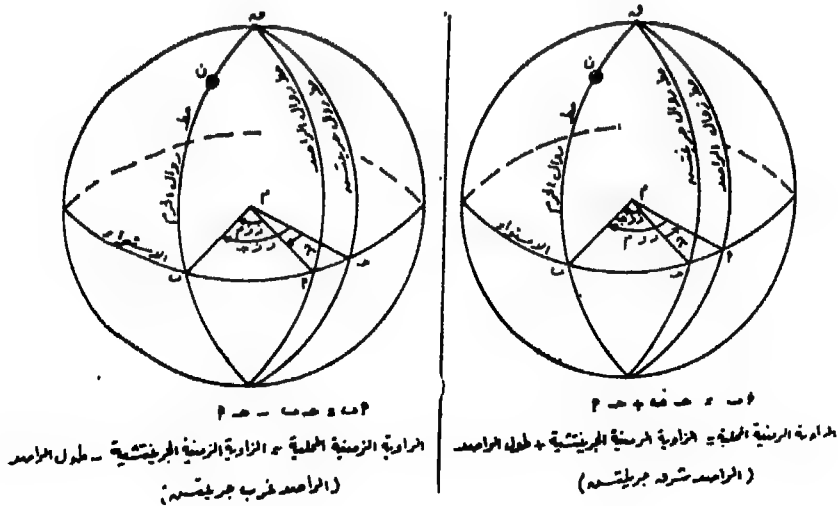
$$أ ب = ح ب \pm ح ا \quad \text{أى أن :}$$

الزاوية الزمنية المحلية = الزاوية الزمنية الجرينتشيية + طول الراصد ، اذا كان الراصد واقعا الى الشرق من جرينتش

$$أ ب = ح ب + ح ا$$

الزاوية الزمنية المحلية = الزاوية الزمنية الجرينتشيية - طول الراصد ، اذا كان الراصد واقعا الى الغرب من جرينتش

$$أ ب = ح ب - ح ا$$



شكل رقم (٣٧)

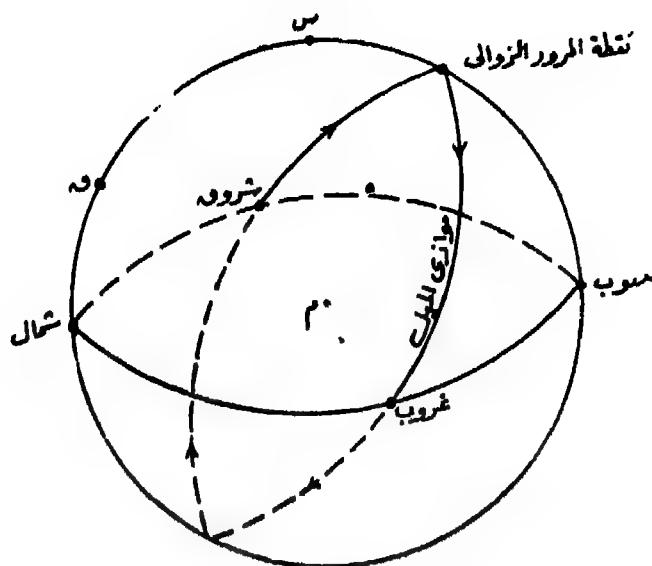
بين نصف القطر المتجه الى الشمال (أو الى الجنوب) ، ونصف القطر المتجه الى مسقط الجرم على الافق . وهى كذلك طول القوس على دائرة الافق بدءا من الدائرة الرأسية الرئيسية والدائرة الرأسية للجرم . وأحيانا تقاس العزيمية من صفر^١ الى ١٨٠ شرق أو غرب الشمال الجغرافى فى نصف الارض الشمالي ، ومن صفر^٢ الى ١٨٠ شرق أو غرب الجنوب الجغرافى فى نصف الارض الجنوبي ، كما تقاس بالانحراف الدائرى من الشمال الجغرافى .

وصف الحركة اليومية الظاهرية لجرم :

ذكرنا من قبل أن أى جرم سماوى يرسم من حركته اليومية دائرة صغرى موارية لدائرة الاستواء وعمودية على محور الدوران اليومى للارض، وتسمى هذه الدائرة «موازى الميل» . وتقطع هذه الدائرة دائرة أفق الراصد فى نقطتين الاولى نقطة الشروق والثانية نقطة الغروب .

وتكون زاوية ارتفاع الجرم عن خط الافق عند الشروق صفر^١ ، وتكون العزيمية شرقية ، وتكون الراوية الزمنية المحلية اكبر من ١٨٠^٢ . وبتزايد ارتفاع الجرم بعد الشروق الى أن يصل الى أكبر قيمة له عندما يمر بخط زوال الراصد ، ويسمى بالمرور الزوالى للجرم ، وتكون الزاوية الزمنية المحلية ٣٦٠^٣ أو صفر^٤ . ثم تأخذ زاوية ارتفاع الجرم عن مستوى الافق فى التناقص بعد المرور الزوالى ، وتصبح العزيمية غربية ، وتتناقص قيمة الزاوية الزمنية المحلية ، وعند الغروب يكون الارتفاع صفر^٥ . ويختفى الجرم بعد الغروب تحت الافق مكمل دورته اليومية حتى شروقه مرة أخرى فى اليوم التالى (شكل ٤٠) .

فى حالات النجوم تكون دائرة موازى الميل دائرة كاملة لان النجم يحتفظ بقيمة الميل ثابتة أثناء حركته اليومية . ولكن يلاحظ أن ميل كل من الشمس والقمر والكواكب يتغير تغيرا ملموسا فى اليوم الواحد ، ويصل التغير اليومى للشمس أحيانا الى ٢٣^٦ ، وذلك عند الاعتدالين الربيعى والخريفى .



شكل رقم (٤٠)

تحديد درجة عرض الراصد :

١ - عرض الراصد يساوى ارتفاع القطب السماوى :

يمثل عرض الراصد (ر) على سطح الارض الزاوية \angle ر أو القوس أ ر ويمثله على القبة السماوية القوس ب س (شكل ٤١) .

ويمثل القوس ش ق ارتفاع القطب السماوى فوق الافق . ويتضح من الشكل أن :

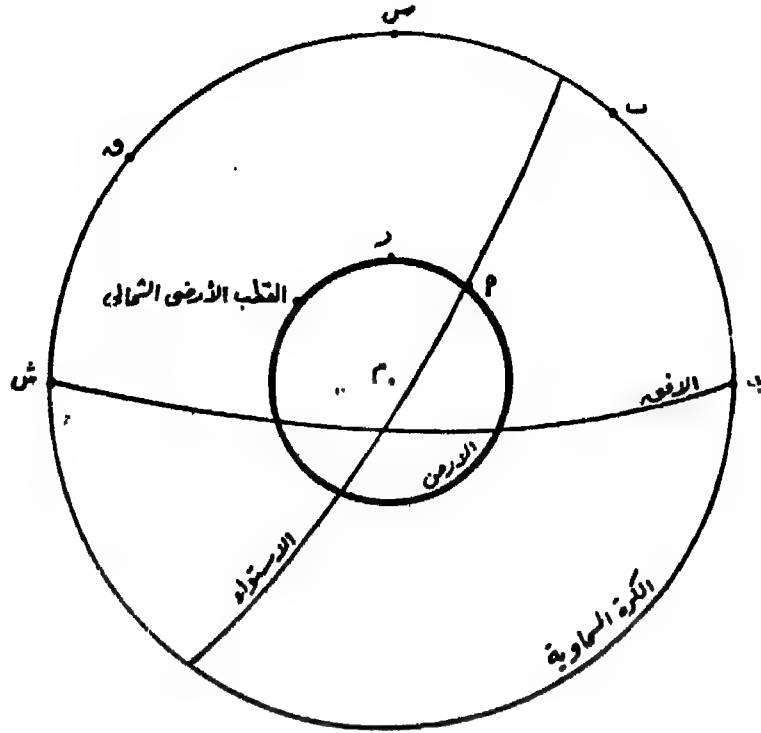
ش ق + ق س = 90° (بعد السميت عن الافق) .

ب س + س ق = 90° (بعد القطب عن الاستواء) .

، : القوس س ق مشترك

، : ش ق = ب س

أى أن عرض الراصد يساوى ارتفاع القطب السماوى .



شكل رقم (٤١)

ويتم الاستفادة من تلك العلاقة في نصف الارض الشمالى حيث يوجد النجم القطبى قريبا من موقع القطب السماوى الشمالى ، ويمكن عند رصده تحديد الشمال الجغرافى ايضا .

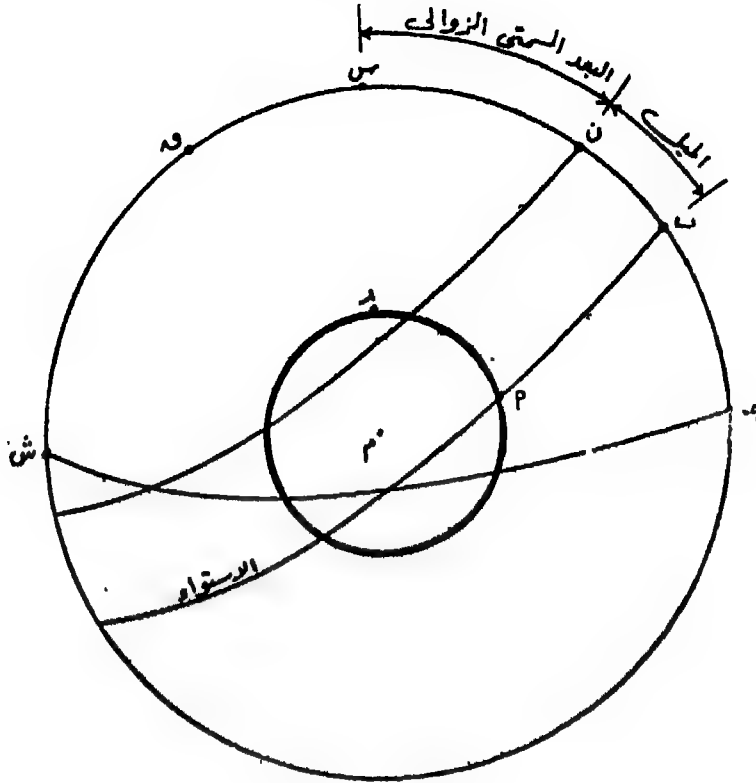
٢ - عرض الراصد = البعد السمى الزوالى \pm الميل :

يمثل البعد السمى للجرم ن عند المرور الزوالى له القوس ن س ، ويمثل الميل القوس ب ن (شكل ٤٢) . وفى الحالة السابقة عرفنا عرض الراصد (ر) على سطح الارض يمثله القوس ب س على القبة السماوية .

$$ب س = ن س \pm ب ن$$

ب س = ن س + ب ن اذا كان الجرم فى نصف الكرة السماوية المشابهة للراصد .

ب س = ن س - ب ن اذا كان الجرم فى نصف الكرة السماوية
المخالف للراصد .



شكل رقم (٤٢)

أمثلة تطبيقية :

١ - فى يوم ١٢ أغسطس كان الموقع الجغرافى للراصد هو
٢٩° ١٢' ٤٧" ش ، ٣١° ٢٧' ٠٥" ق ، وفى الساعة ٣٣ ٢٦ ١٤ بتوقيت
جرينتش كانت الزاوية الزمنية الجرينتشية للشمس ١٨° ٣٢' ٣٥" .

أوجد الزاوية الزمنية المحلية .

$$\text{ززم} = \text{ز زج} + \text{الطول}$$

$$١٨^\circ ٣٢' ٣٥" + ٣١^\circ ٢٧' ٠٥" =$$

$$= ٤٩^\circ ٥٩' ٤٠" =$$

٢ - فى يوم ٧ ابريل كان الموقع الجغرافى للراصد هو ١٧° ٥٢' ٤٠" ش ، ٤٠° ٣٦' ١١٢" غ ، اوجد الزاوية المحلية لكوكب زحل اذا كانت زاويته الزمنية الجرينتشية ٣٠° ١١' ٧٨' .

$$\begin{aligned} \text{ز ز م} &= \text{ز ز ج} - \text{الطول} \\ &= ٣٠^\circ ١١' ٧٨'' - ٤٠^\circ ٣٦' ١١٢'' \\ &= ٣٢٥^\circ ٣٤' ٥٠'' \end{aligned}$$

٣ - فى يوم ٢٨ ديسمبر كان الموقع الجغرافى للراصد هو ٤٣° ١٢' ١٠" ج ، ٥٠° ٣٨' ١٤٤" ق ، وكانت الزاوية الجرينتشية للنقطة الاولى من الحمل ٢٤° ٢٥' ١١٦" . اوجد الزاوية الزمنية المحلية لكل من النجم الطائر والنجم قلب الاسد علما بان الزاوية الزمنية لكل واحد منهما على الترتيب هى : ١٨° ٣٦' ٦٢" ، ٤١° ١٤' ٢٠٨" .

اولا - النجم الطائر :

$$\begin{array}{rcl} \text{ز ز ج للنقطة الاولى من الحمل} & ٢٤^\circ ٢٥' ١١٦'' & \\ \text{ز ز ن} & + ١٨^\circ ٣٦' ٦٢'' & \\ \text{الطول} & + ٥٠^\circ ٣٨' ١٤٤'' & \\ \hline \text{ز ز م} & ٣٢^\circ ٤٠' ٣٢٣'' & \end{array}$$

ثانيا - النجم قلب الاسد :

$$\begin{array}{rcl} \text{ز ز ج للنقطة الاولى من الحمل} & ٢٤^\circ ٢٥' ١١٦'' & \\ \text{ز ز ن} & + ٤١^\circ ١٤' ٢٠٨'' & \\ \text{الطول} & + ٥٠^\circ ٣٨' ١٤٤'' & \\ \hline \text{ز ز م} & ٥٥^\circ ١٨' ٤٦٩'' & \\ & - ٠٠^\circ ٠٠' ٣٦٠'' & \\ \hline & ٥٥^\circ ١٨' ١٠٩'' & \end{array}$$

٤ - فى يوم ٣٠ مارس كان الموقع الجغرافى التقريبى للراصد هو ٠٠° ٥٠' ٢٦" ش ، ٠٠° ٤٠' ٣١" ق ، وعند رصد الشمس وقت مرورها

الزوالى كان الارتفاع الحقيقى لها $0^{\circ}3'08''$ ، وكان ميل الشمس وقت
الرصد $17^{\circ}41'53''$ ش ، فما هو العرض الحقيقى للراصد ؟

$$\text{البعد الشمسى} = 90^{\circ}00'00'' - 0^{\circ}3'08'' = 86^{\circ}56'52''$$

العرض الحقيقى للراصد = البعد سمتى الزوالى + الميل

$$86^{\circ}56'52'' + 17^{\circ}41'53'' =$$

$$= 104^{\circ}38'45'' \text{ ش}$$

٥ - فى يوم ٧ اغسطس كان العرض التقريبى للراصد هو
 $10^{\circ}43'00''$ ج ، وكان الارتفاع الحقيقى للشمس وقت مرورها الزوالى
 $76^{\circ}27'30''$. اوجد العرض الحقيقى للراصد اذا كان ميل الشمس وقت
الرصد هو $24^{\circ}21'16''$ ش .

$$\text{البعد سمتى} = 90^{\circ}00'00'' - 76^{\circ}27'30'' = 13^{\circ}32'30''$$

العرض الحقيقى للراصد = البعد سمتى الزوالى - الميل

$$13^{\circ}32'30'' - 24^{\circ}21'16'' =$$

$$= 10^{\circ}11'14'' \text{ ج}$$

المثلث الفلكى السماوى ق س ن

يتشكل المثلث الكروى المرسوم على الكرة السماوية ، ويعرف بالمثلث
الفلكى السماوى من الرؤوس الثلاثة التالية (شكل ٤٣) ، حيث :

ق نقطة القطب

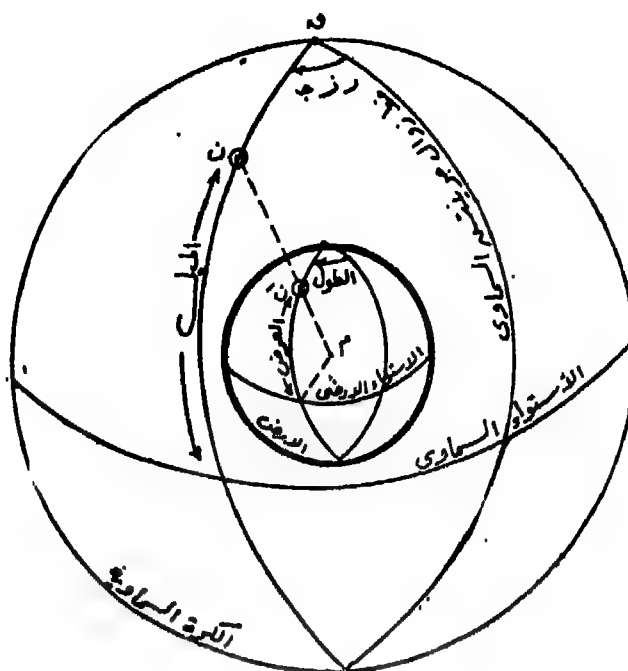
س نقطة سمت

ن موقع الجرم السماوى

وتمثل أضلاع المثلث ق س ن وزواياه من العناصر التالية :

س ق = 90° - عرض الراصد

ق ن = 90° - ميل الجرم



شكل رقم (٤٤)

وعلى ذلك يمكن تحديد الموقع الجغرافي لأي جرم سماوي في لحظة معينة باستخدام التقويم الفلكي الذي يعطى ميل الجرم وزاويته الزمنية الجرينتشي في تلك اللحظة . ويلاحظ أن الطول على سطح الأرض يقاس شرقا أو غربا من خط طول جرينتش ، أما الزاوية الزمنية الجرينتشي فهي تقاس غربا فقط من خط زوال جرينتش . لذلك تتفق الزاوية الزمنية من صفر° إلى ١٨٠° من حيث القيمة مع الطول غربا ، أما إذا زادت عن ١٨٠° فيصبح الطول شرقا ويتم إيجاد قيمته بطرح قيمة الزاوية الزمنية من ٣٦٠° .

مثال (١) : من التقويم الفلكي كانت ز ج للنجم الشعري اليمانية ٢٠° ١٥' ١٢٦° ، والميل ١٢° ٤٠' ١٦° ج . أوجد الموقع الجغرافي للنجم .

الحل : عرض الموقع الجغرافي = ١٢° ٤٠' ١٦° ج

طول الموقع الجغرافي = ١٢٦° ١٥' ٢٠° غ

مثال (٢) : من التقويم الفلكي ز ز ج للنجم آخر النهر ١٧° ٤٨' ٣٣٥' ،
والميل ٢٩° ٢١' ٥٧' جنوبا . اوجد الموقع الجغرافى للنجم .

الحل : عرض الموقع الجغرافى = ٢٩° ٢١' ٥٧' جنوبا

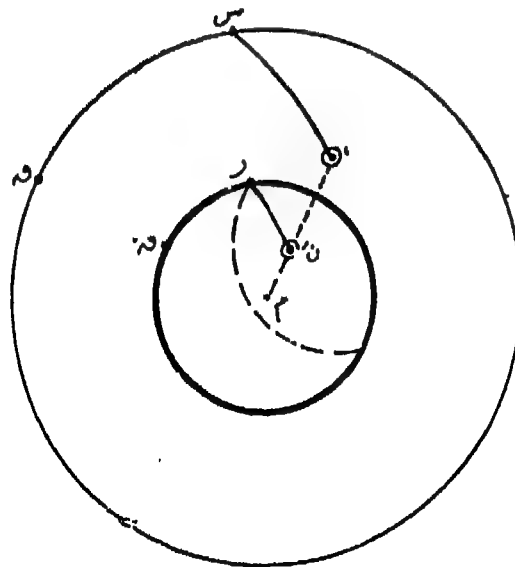
طول الموقع الجغرافى = ١٧° ٤٨' ٣٣٥' غربا

أى = ٠° ٠٠' ٣٦٠' - ١٧° ٤٨' ٣٣٥'

= ٤٣° ١١' ٢٤' شرقا .

دائرة الموقع :

إذا كان هناك راصدا على سطح الأرض (ر) ، وكانت نقطة (س) هى
سمته ، وكان هناك جرم (ن) فى السماء وكانت ن° هى الموقع الجغرافى
لهذا الجرم ؛ فان كلا من م ، ر ، س على استقامة واحدة ، وكذلك
م ، ن° ، ن على استقامة واحدة أيضا . ولذلك يكون القوس ر ن° = القوس
س ن (شكل ٤٥) .



شكل رقم (٤٥)

معرفة ما اذا كان الموقع الحقيقي للراصد اقرب او أبعد من الموقع الافتراضى
عن الموقع الجغرافى للجرم ، وكذلك معرفة مقدار القرب أو البعد والذي
يسمى بالثرق .

٦ - يتم حساب عزيمة الجرم من المثلث ق س ن أيضا ويمثلها زاوية
ق س ن .

٧ - يرسم الخط الدال على اتجاه الجرم على الخريطة ومن الموقع
الافتراضى للراصد وتقاس عليه مسافة تمثل الفرق . وتكون المسافة نأحية
الجرم اذا كان البعد السمتى الحقيقى أصغر من البعد السمتى المحسوب ،
وبالعكس تكون المسافة فى الناحية المضادة لاتجاه الجرم اذا كان البعد
السمتى الحقيقى اكبر .

٨ - يرسم خطا عموديا على خط الاتجاه من نهاية المسافة (الفرق)
ويمثل هذا الخط خط الموقع الناتج .

تصحيات زاوية الارتفاع :

يلزم اجراء تصحيحات لزوايا الارتفاع المقاسة بسبب تعرضها للاخطاء،
بالاضافة الى التصحيحات المختلفة الخاصة بأجهزة القياس . وتصحيحات
زوايا الارتفاع هى :

تصحیح الانكسار الضوئى : تتعرض الاشعة الضوئية الصادرة من الجرم
السماوى أثناء اختراقها لطبقات الغلاف الغازى لانكسارات متتالية تأخذ
معها الاشعة مسارا منحنيا ، وذلك لتزايد كثافة الهواء كلما اقتربنا من سطح
الارض . ويبدو الجرم للراصد على استقامة نهاية الشعاع الذى وصله من
الجرم . ففى (شكل ٤٧) يبدو الجرم ن وكأنه عند الموضع ن ، ولذلك
يلزم تصحيح زاوية الارتفاع المقاسة بالمقدار الزاوى ن ر ن حتى تصبح
حقيقية ، وهذا التصحيح دائما سالب الاشارة . وكلما كانت زاوية الارتفاع
كبيرة كلما كان مقدار تصحيح الانكسار صغيرا ، وتزايد قيمة التصحيح كلما
صغرت زاوية الارتفاع .

بين البعد السمى الحقيقي للجرم والبعد السمى المحسوب من موقع
افتراضى للراصد - للحصول على خط موقع رصد الجرم السماوى . وفى
هذه الطريقة تتبع الخطوات التالية :

١ - يقاس ارتفاع الجرم مع تحديد الوقت بدقة ، ومن الارتفاع يتم
ايجاد البعد السمى الحقيقي للجرم .

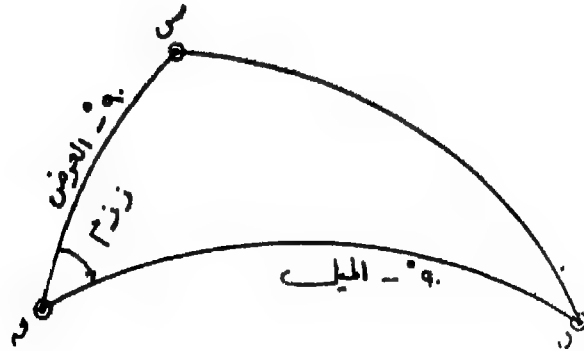
٢ - يتم التعرف على ميل الجرم وعلى زاويته الزمنية المحلية وقت
الرصد من التقويم الفلكى ومن الموقع الافتراضى .

٣ - يتم حل المثلث الكروى الفلكى ق س ن (شكل ٤٦) بمعرفة
تصليين ق س ، ق ن والزاوية المحصورة بينهما س ق ن حيث :

$$ق س = ٩٠^\circ - \text{العرض الافتراضى}$$

$$ق ن = ٩٠^\circ - \text{ميل الجرم}$$

$$\text{زاوية س ق ن} = \text{الزاوية الزمنية المحلية للجرم}$$



شكل رقم (٤٦)

٤ - يتم الحصول على قيمة الضلع س ن من حل المثلث ق س ن الذى
تتضمن عناصره على الموقع الافتراضى للراصد ، ويسمى البعد السمى
المحسوب .

٥ - بمقارنة البعد السمى المحسوب بالبعد السمى الحقيقى يمكن

معرفة ما اذا كان الموقع الحقيقي للراصد اقرب او ابعد من الموقع الافتراضى
عن الموقع الجغرافى للجرم ، وكذلك معرفة مقدار القرب او البعد والذي
يسمى بالنسبة .

٦ - يتم حساب عزيمة الجرم من المثلث ق س ن أيضا ويمثلها زاوية
ق س ن .

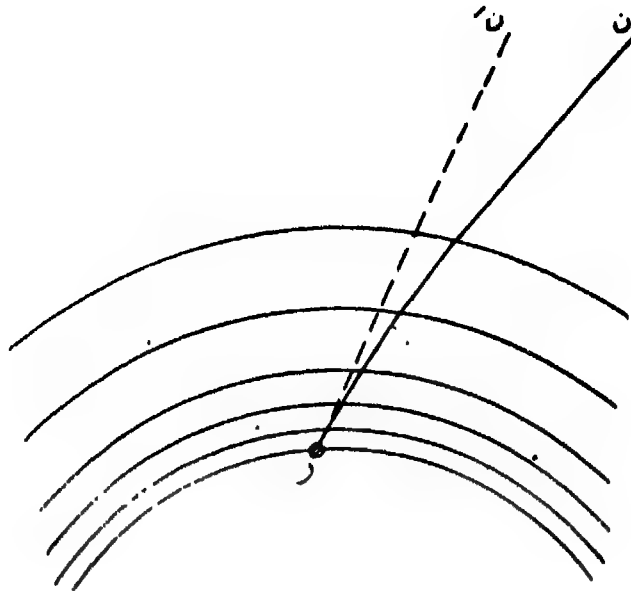
٧ - يرسم الخط الدال على اتجاه الجرم على الخريطة ومن الموقع
الافتراضى للراصد وتقاس عليه مسافة تمثل الفرق . وتكون المسافة نأحية
الجرم اذا كان البعد السمتى الحقيقى أصغر من البعد السمتى المحسوب ،
وبالعكس تكون المسافة فى الناحية المضادة لاتجاه الجرم اذا كان البعد
السمتى الحقيقى اكبر .

٨ - يرسم خطا عموديا على خط الاتجاه من نهاية المسافة (الفرق)
ويمثل هذا الخط خط الموقع الناتج .

تصحيات زاوية الارتفاع :

يلزم اجراء تصحيحات لزوايا الارتفاع المقاسة بسبب تعرضها للاخطاء،
بالاضافة الى التصحيحات المختلفة الخاصة بأجهزة القياس . وتصحيحات
زوايا الارتفاع هى :

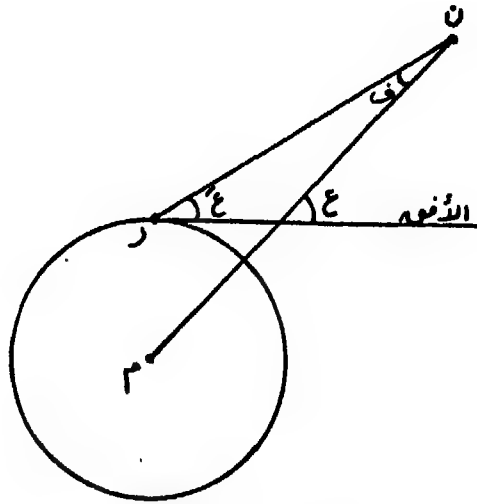
تصحیح الانكسار الضوئى : تتعرض الاشعة الضوئية الصادرة من الجرم
السمائى أثناء اختراقها لطبقات الغلاف الغازى لانكسارات متتالية تأخذ
معها الاشعة مسارا منحنيا ، وذلك لتزايد كثافة الهواء كلما اقتربنا من سطح
الارض . ويبدو الجرم للراصد على استقامة نهاية الشعاع الذى وصله من
الجرم . ففى (شكل ٤٧) يبدو الجرم ن وكأنه عند الموضع ن ، ولذلك
يلزم تصحيح زاوية الارتفاع المقاسة بالمقدار الزاوى ن ر ن حتى تصبح
حقيقية ، وهذا التصحيح دائما سالب الاشارة . وكلما كانت زاوية الارتفاع
كبيرة كلما كان مقدار تصحيح الانكسار صغيرا ، وتزايد قيمة التصحيح كلما
صغرت زاوية الارتفاع .



شكل رقم (٤٧)

وتعطى الجداول الفلكية عادة قيم التصحيحات الواجب طرحها من زوايا الارتفاع المختلفة ، وتحسب هذه القيم على أساس معدل الضغط الجوى ودرجة حرارة الهواء . لذلك يلزم عند الرصد الفلكى قياس درجة حرارة الهواء وضغطه ، وإذا تبين أنهما لا يمثلان الظروف العادية يلزم إجراء تصحيح اضافى باستخدام جداول خاصة بذلك .

٢ - تصحيح اختلاف المنظر : اختلاف المنظر هو التغير الظاهرى فى اتجاه الجرم عندما يتم رصده من أماكن مختلفة . واختلاف المنظر الذى يدخل فى تصحيح زاوية ارتفاع الجرم السماوى هو قيمة الاختلاف الناتج من رصد الجرم من مكان ما على سطح الارض والزاوية الحقيقية للارتفاع لو كان القياس عند مركز الارض . ففى (شكل ٤٨) تمثل ر موقع الراصد ، م مركز الارض ، ن الجرم ، وزاوية الارتفاع المقاسة هى $\angle ع$ والزاوية الحقيقية للارتفاع هى $\angle ع$. وعادة تضاف زاوية اختلاف المنظر $\angle ع$ الى الزاوية $\angle ع$ لتعطى الارتفاع الحقيقى $\angle ع$.



شكل رقم (٤٨)

ويمكن اهدال تأثير اختلاف المنظر فى حالة رصد النجوم حيث المسافة بينها وبين الارض كبيرة جدا بالنسبة لنصف قطر الارض ، أما فى حالة الاجرام اعضاء المجموعة الشمسية فيلزم الاخذ فى الاعتبار تصحيح الارتفاعات تبعا لاختلاف المنظر وخاصة فى حالة الاجرام القريبة من الارض . وتبلغ القيمة المتوسطة لاختلاف المنظر بالنسبة للشمس ٨٨° . ويلاحظ أن قيمة اختلاف المنظر لجرم تكون أكبر ما يمكن عندما يكون الجرم عند الافق بالنسبة للراصد ، وتسمى قيمته نى هذه الحالة باختلاف المنظر الأفقى .

٣ - تصحيح نصف القطر: عند قياس زاوية ارتفاع الشمس أو زاوية ارتفاع القمر يتم القياس بالنسبة للحافة السفلى أو الحافة العليا للقرص، ولكن التقويم الفلكى يعطى الاحداثيات بالنسبة للمركز . ولذلك يلزم تصحيح الزاوية المقاسة لتعطى الزاوية بالنسبة للمركز وليس بالنسبة للحافة . وتضاف قيمة التصحيح الى زاوية الارتفاع فى حالة قياس الحافة السفلى ، وتطرح فى حالة قياس الحافة العليا . ويمكن قياس زاوية ارتفاع الحافة السفلى ثم زاوية ارتفاع الحافة العليا ، ومتوسط الزاويتين هو قيمة الزاوية عند المركز ، بشرط أن يتم رصد الحافتين بسرعة وبفاصل زمنى أقل ما يمكن . وبالنسبة للشمس

فان قيمة تصحيح نصف قطر تتراوح بين $16'18''$ ، $15'45''$ تبعا لتغير
بعد الارض عن الشمس .

المجموعات النجمية الهامة :

تستخدم خرائط لتمييز النجوم والتعرف عليها . ويحسن أن يلم الراصد
بأشكال بعض المجموعات النجمية ومواقع بعض النجوم اللامعة بالنسبة
للمجموعات حتى يسهل استخدام الخرائط .

ويقوم الراصد بحساب ارتفاع نجم خافت وعزيمته عند لحظة معينة
مستعينا بأحداثيات النجم المبينة في التقويم الفلكي ثم يوجه منظار جهاز
الرصد الى الموضع المحسوب . وتفيد هذه الطريقة في حنة النجوم التي تمر
بخط زوال الراصد والتي تساعد على التعرف على عرض الراصد ، حيث
أن عزيمة الجرم تكون اما شمال أو جنوب ، كما أن الارتفاع يتم الحصول
عليه من العلاقة البسيطة التالية :

$$\text{الارتفاع} = 90^\circ - (\text{العرض} \pm \text{الميل})$$

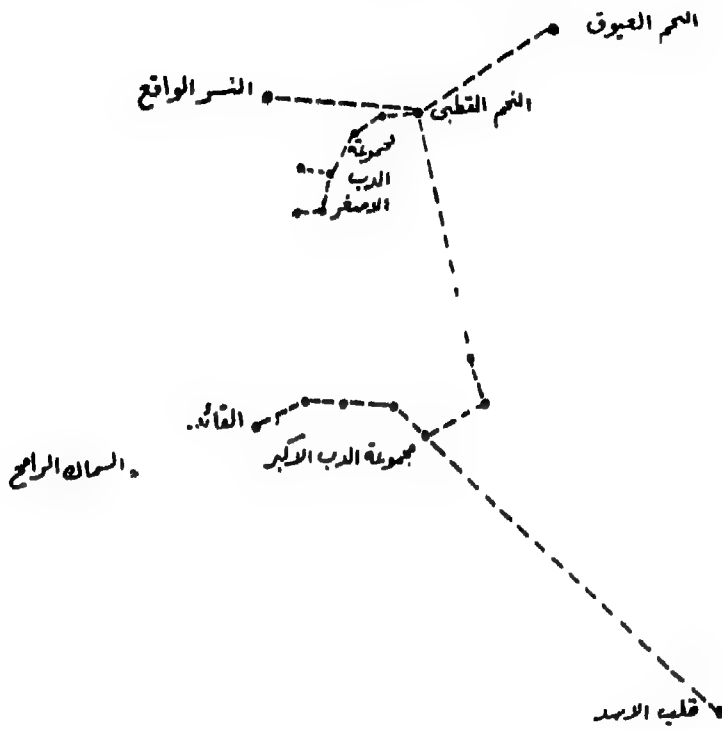
وأحيانا يتم رصد نجم غير معلوم ، ومن ارتفاعه وعزيمته التقريبية يقوم
الراصد بحساب ميله وزاويته الزمنية الجرينتشية ، ومن التقويم الفلكي يتم
التعرف عليه . ومن المجموعات النجمية المشهورة :

١ - مجموعة الدب الأكبر : وتتألف من سبعة نجوم ، أربعة منها تكون
شكلا رباعيا يرمز الى جسم الدب ، وثلاثة نجوم ترسم منحني يمثل ذيل
الدب . ويمكن رؤية تلك المجموعة بسهولة عند النزل ناحية الشمال . ومن
طريق مجموعة الدب الأكبر يمكن التعرف على النجوم التالية (شكلا ٤٦) :

٢ - النجم القطبي : على امتداد خط الدائرين أو المشيران بحوالى
خمس أمثال المسافة بينهما .

ب - النجم العيوق : يرسم خطا عموديا من النجم القطبي على اتجاه
الدائرين فى عكس اتجاه ذيل الدب . ويبعد العيوق عن النجم القطبي
بمسافة 45° تقريبا .

- ج - نجم النسر الواقع : فى عكس اتجاه النجم العيوق من النجم القطبى ، وعلى بعد ٤٥° تقريباً منه .
- د - نجم السماك الرامح : على امتداد ذيل الدب .
- هـ - نجم السماك الاعزل : بمواصلة مد ذيل الدب .
- و - نجم قلب الاسد : على امتداد النجمين الآخرين من جسم السدب الاكبر وفى اتجاه عكس النجم القطبى .

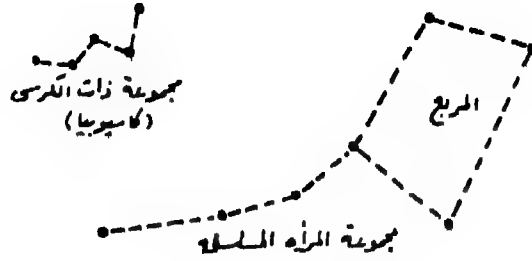


شكل رقم (٤٩)

- ٢ - مجموعة ذات الكرسي : وتتألف من خمسة نجوم تكون شكلاً يشبه حرف W الافرنجى ، وهى تقع فى الناحية المضادة لمجموعة الدب الأكبر بالنسبة للنجم القطبى . ويساعد وضوح نجوم هذه المجموعة على سهولة التعرف عليها ، كما يمكن عن طريقها التعرف على النجمين التاليين (شكل ٥٠) .

• النجم القطبي

• النجم العيوق



شكل رقم (٥٠)

١ - النجم القطبي : عند نقطة تلاقى المنصفان للزاويتين الداخليتين لشكل المجموعة .

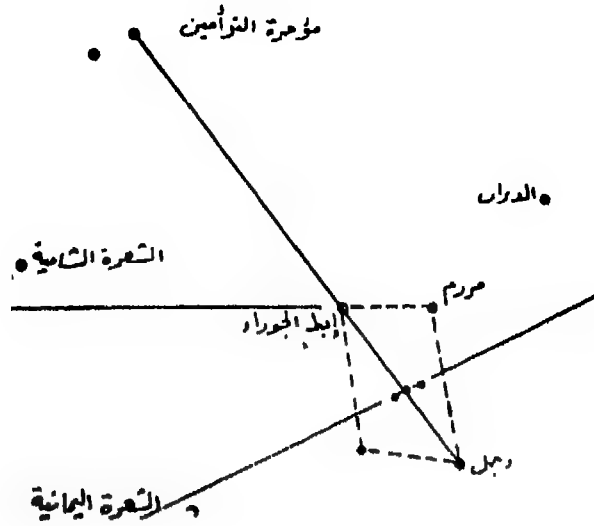
ب - النجم الطائر : وذلك برسم قوس من النجم العيوق يمر خلال المجموعة ويمتد حتى يمر بالنجم الطائر .

٣ - مجموعة الجبار : وتتكون من عدد من النجوم اللامعة ، كما تتوسط عددا من النجوم اللامعة وتتكون من أربعة نجوم على شكل شبه منحرف تكون جسم الجبار (ويسمى أحيانا الفارس أو الصياد) . ويسمى المع نجم فى المجموعة وهو يمثل الكتف الايمن للجبار باسم ابط الجوزاء ، كما يسمى الكتف الايسر باسم المرزم . ويتوسط النجوم الاربعة ثلاثة نجوم على خط واحد مائل تسمى حزام الجبار . ويسمى النجم الاقل لمعانا والذي يقع فى نهاية القطر المار بابط الجوزاء باسم رجل حيث يمثل قدم الجبار . وعن طريق هذه المجموعة يمكن التعرف على النجوم التالية (شكل ٥١) :

أ - الشعرى اليمانية : وهو تقريبا على امتداد الحزام ناحية الجنوب

ب - الدبران : على امتداد الحزام تقريبا من الناحية الاخرى .

ج - الشعرى الشامية ثم قلب الاسد : على امتداد الخط الواصل من المرزم الى ابط الجوزاء .



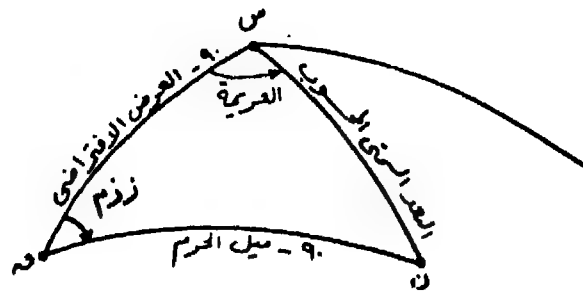
شكل رقم (٥١)

د - التوأمان : ويقعان على امتداد الخط الواصل من النجم رجل الى منتصف حزام الجبار مارا بالقرب من ابط الجوزاء .
 مثال محلول : كان الراصد فى الموقع الافتراضى ٥٧° ٣١ شمالا ،
 ٢٩° ٠٧ شرقا ، وحصل على الارصاد والبيانات التالية ، والمطلوب ايجاد
 الموقع الحقيقى للراصد .

اسم الجرم	الزاوية الزمنية الجرينتشي	الميل	الارتفاع الحقيقى
الشمس	٥٨° ٢٧٨	٢٦ ٠٣ شمال	٤٥° ١٥
النجم الطائر	٢٠ ٣٥٥	٤٦ ٠٨ شمال	٤٤ ٦٦
كوكب زحل	٠٩ ٢٩	٥٣ ٢١ جنوب	٤٩ ٢٥

الحل

يرسم كروكى المثلث الكروى الفلكى ق س ن حيث ق نقطة القطب ،
 س نقطة السمى ، ن موقع الجرم السماوى وتسجل عليه البيانات اللازمة



شكل رقم (٥٢)

أولا - الشمس :

الزاوية الزمنية المحلية للشمس = الزاوية الزمنية الجربنتية + الطول

الافتراضي للراصد

$$٢٨٦ ٢٧ = ٠٧ ٢٩ + ٢٧٨ ٥٨ =$$

$$٧٣ ٣٣ = \text{شرق}$$

س ق (٩٠ - العرض الافتراضي للراصد)

$$٥٨ ٠٣ = ٣١ ٥٧ - ٩٠ ٠٠ =$$

ق ن (٩٠ - ميل الجسم)

$$٨٦ ٣٤ = ٠٣ ٢٦ - ٩٠ ٠٠ =$$

جتا س ن (جتا البعد سمتي المحسوب)

$$= \text{جتا س ق} \times \text{جتا ق ن} + \text{جا س ق} \times \text{جا ق ن} \times \text{جتا ز م}$$

$$= \text{جتا } ٥٨ ٠٣ \times \text{جتا } ٨٦ ٣٤ + \text{جا } ٥٨ ٠٣ \times \text{جا } ٨٦ ٣٤ \times$$

$$\times \text{جتا } ٧٣ ٣٣$$

$$= ٥٢٩٢ \times ٠٥٩٨ + ٨٤٨٥ \times ٩٩٨١ \times ٢٨٢٩$$

$$= ٠٢٧١٢$$

∴ س ن (البعد سمتي المحسوب)

$$= ٧٤ ١٦$$

$$\frac{\text{جاس (جا العـزيمـة)}}{\text{جاس ن}} = \text{جاس (جا العـزيمـة)}$$

$$\frac{\text{جا ٢٣ ٧٣} \times \text{جا ٣٤ ٨٦}}{\text{جا ١٦ ٧٤}} =$$

$$\frac{٠.٩٥٩٠ \times ٠.٩٩٨١}{٠.٩٦٢٥} =$$

$$٠.٩٩٤٥ =$$

س (العـزيمـة)

$$٩٦ = \text{شمال } ٩٦ \text{ شرق}$$

البعد السمـتـي الحقيـقى

$$٠.٩٠٠٠ = ٠.١٥٤٥ - ٠.٧٤١٥ =$$

الفـرق

$$٠.١ = \text{أقرب الى الشمس} = ٠.٧٤١٦ - ٠.٧٤١٥ =$$

ثانياً - النجم الطائر :

ز ز ج الطائر = ز ز ج الطائر + الطول الافتراضى للراصد

$$٠.٢٤٩ = ٠.٣٦٢ - ٠.١١٣ = ٠.٢٤٩$$

غرب

$$٠.٩٠٠٠ = ٠.٣١٥٧ - ٠.٥٨٠٣ =$$

س ق

$$٨١١٤ = ٩٠٠٠ - ٠.٨٤٦ =$$

ق ن

$$٠.٥٨٠٣ \text{ جتا} + ٠.٨١١٤ \text{ جتا} \times ٠.٥٨٠٣ =$$

جتا س ن

$$\times ٠.٢٤٩ \times ٠.٨١١٤ =$$

$$٠.٩٨٨٣ \times ٠.٨٤٨٥ + ٠.١٥٢٤ \times ٠.٥٢٩٢ =$$

$$\times ٠.٩٩٨٨ =$$

$$٠.٩١٨٢ =$$

$$= 23 \text{ } 20 \text{ } \text{س ن}$$

$$= \frac{\text{جا } 23 \text{ } 20 \times \text{جا } 81 \text{ } 14}{\text{جا } 23 \text{ } 20} = \text{جاس}$$

$$= \frac{0.9883 \times 0.491}{0.4000}$$

$$= 0.1213$$

$$\text{س (العزيمة)} = 06 \text{ } 58 \text{ } \text{من} = 180 \text{ } 00 = \text{شمال } 173 \text{ } 02 \text{ } \text{غرب}$$

$$\text{البعد السمتي الحقيقي} = 90 \text{ } 00 - 66 \text{ } 44 = 23 \text{ } 16$$

$$\text{الفارق} = 23 \text{ } 16 - 23 \text{ } 20 = 04 \text{ } \text{أقرب إلى النجم}$$

ثالثا - كوكب زحل :

$$\text{ز ز م زحل} = \text{ز ز ج زحل} + \text{الطول الافتراضي للرأصد}$$

$$= 29 \text{ } 09 + 07 \text{ } 29 = 36 \text{ } 38$$

$$= 90 \text{ } 00 - 31 \text{ } 57 = 58 \text{ } 03 \text{ } \text{س ق}$$

$$= 90 \text{ } 00 + 21 \text{ } 53 = 111 \text{ } 53 \text{ } \text{ق ن}$$

$$\text{جتا س ن} = \text{جتا } 58 \text{ } 03 \times \text{جتا } 111 \text{ } 53 + \text{جا } 58 \text{ } 03$$

$$\times \text{جا } 111 \text{ } 53 \times \text{جتا } 36 \text{ } 38$$

$$= 0.5292 \times (-0.3727) + 0.8485 \times$$

$$0.9279 \times 0.8025$$

$$= 0.4346$$

$$= 64 \text{ } 14 \text{ } \text{س ن}$$

$$= \frac{\text{جا } 36 \text{ } 38 \times \text{جا } 111 \text{ } 53}{\text{جا } 64 \text{ } 14} = \text{جاس}$$

$$0.9279 \times 0.5967$$

$$0.9006$$

$$= 0.6148$$

∴ س (العزيمة) = ٣٧ ٥٦ من ١٨٠ ٠٠ = شمال ١٤٢ ٠٤ غرب
 البعد السمى الحقيقى = ٤٠ ٠٠ - ٢٥ ٤٩ = ٦٤ ١١
 الفرق = ٦٤ ١١ - ٦٤ ١٤ = ٠٣ أقرب الى الكوكب

رابعاً - التوقيع :

توقع نتائج الارصاد السابقة على لوحة مستوية ترسم عليها دوائر العرض
 مستقيمة متوازية بحيث تمثل المسافة ١٨٥٢ متراً دقيقة عرضية واحدة .
 كما ترسم خطوط الزوال مستقيمة متوازية بحيث تمثل المسافة (١٨٥٢م ×
 جتا العرض الافتراضى) دقيقة طولية واحدة . ويستخدم مقياس رسم مناسب
 يتلائم مع دقة الرصد ، وقد اختير مقياس الرسم ١ : ١٠٠٠٠٠ للتوقيع فى
 هذا المثال .

طول دقيقة عرضية واحدة على لوحة التوقيع = ١٨٥٢ سم
 طول دقيقة طولية واحدة على لوحة التوقيع = ١٨٥٢ × جتا ٥٧ ٣١
 = ١٨٥٢ × ٠٨٤٨٥
 = ١٥٧١ سم

من الرسم احداثيات الموقع الحقيقى للراصد :

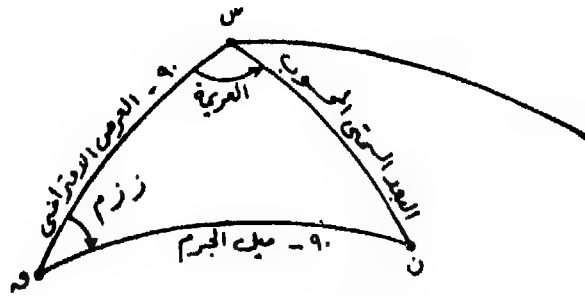
عرض = ٥٣ ٣١ شمالاً .

طول = ٣٠ ٢٨ ٠٧ شرقاً .

مثال آخر محلول : كان الراصد فى الموقع الافتراضى ٥٥ ٢٢ ش ،
 ٩٩ ٠٠ غرباً ، وحصل على الارصاد والبيانات التالية ، والمطلوب ايجاد
 الموقع الجغرافى للراصد .

اسم الجرم	الارتفاع الحقيقى	الزاوية الزمنية الجرينتشية للنقطة الاولى من الحمل	الزاوية الزمنية النجمية	الميل
النجم العيوق	٤٧ ٤٢	١٣٣ ٣٢	٢٨١ ١٨	٥٩ ٤٥ شمالاً
النجم الذنب	١٩ ٢٧	١٣٤ ٠١	٤٩ ٥٢	١١ ٤٥ شمالاً

الحل



شكل رقم (٥٣)

أولاً :- النجم العيوق :

الحصول على الزاوية الزمنية المحلية للنجم العيوق لابد وأن يكون لدينا أولاً الزاوية الزمنية الجرينتشية له ، وهذه يمكن الحصول عليها من الزاوية الزمنية الجرينتشية للنقطة الأولى من الحمل والزاوية الزمنية النجمية للعيوق .

الزاوية الزمنية الجرينتشية للنجم العيوق

$$= \text{الزاوية الزمنية الجرينتشية للنقطة الأولى من الحمل} + \text{الزاوية الزمنية النجمية للعيوق}$$

$$= 133^{\circ} 32' + 281^{\circ} 18' = 414^{\circ} 50'$$

الزاوية الزمنية المحلية للنجم العيوق

$$= \text{الزاوية الزمنية الجرينتشية للعيوق} - \text{الطول الافتراضي للراصد}$$

$$= 414^{\circ} 50' - 99^{\circ} 00' = 315^{\circ} 50' = 44^{\circ} 10' \text{ شرقاً}$$

س ق (٩٠° - العرض الافتراضي للراصد)

$$= 90^{\circ} 00' - 22^{\circ} 55' = 67^{\circ} 50'$$

ق ن (٩٠° - ميل الجرم)

$$= 90^{\circ} 00' - 45^{\circ} 59' = 44^{\circ} 01'$$

جتا س ن (البعد سمتى المحسوب)

$$= \text{جتا س ق} \times \text{جتا ق ن} + \text{جا س ق} \times \text{جا ق ن} \times \text{جتا ز م}$$

$$= \text{جتا } 67^\circ 05' \times \text{جتا } 44^\circ 01' + \text{جا } 67^\circ 05' \times \text{جا } 44^\circ 01' \times \text{جتا } 44^\circ 10'$$

$$= 0.7191 \times 0.3889 + 0.9211 \times 0.6948 \times 0.7173$$

$$= 0.2797 + 0.4591 = 0.7388$$

∴ س ن (البعد سمتى المحسوب)

$$= 42^\circ 22'$$

جا س (جا العـزيمـة)

$$= \frac{\text{جا } 44^\circ 10' \times \text{جا } 44^\circ 01'}{\text{جا } 42^\circ 22'}$$

$$= \frac{0.6967 \times 0.6948}{0.7338}$$

$$= 0.7184$$

∴ س (العـزيمـة)

$$= 45^\circ 55'$$

البعد سمتى الحقيقى

$$= 90^\circ 00' - 47^\circ 42' = 42^\circ 18'$$

الفـرق

$$= 42^\circ 18' - 42^\circ 22' = 0.4^\circ \text{ أبعد من النجم}$$

ثانياً - النجم الذئب :

ز ز ج للذئب = ز ز ج للنقطة الاولى من الحمل + ز ز ن للذئب

$$= 134^\circ 01' + 49^\circ 52' = 183^\circ 53'$$

ز ز م للذنب = ز ز ج للذنب - الطول الافتراضى للراصد

$$= 183^{\circ} 53' - 99^{\circ} 00' = 84^{\circ} 53' \text{ غربا}$$

$$\text{س ق للذنب} = 90^{\circ} 00' - 22^{\circ} 55' = 67^{\circ} 05'$$

$$\text{ق ن للذنب} = 90^{\circ} 00' - 11^{\circ} 45' = 78^{\circ} 15'$$

جتا س ن (جتا البعد سمتى المحسوب للذنب)

$$= \text{جتا } 67^{\circ} 05' \times \text{جتا } 78^{\circ} 15' + \text{جا } 67^{\circ} 05' \times \text{جا}$$

$$84^{\circ} 53' \times 44^{\circ} 49'$$

$$= 0.2762 + 0.0579$$

$$= 0.3341$$

س ن (البعد سمتى المحسوب)

$$= 70^{\circ} 29'$$

جاس (جا العزيمة)

$$\text{جا } 84^{\circ} 53' \times \text{جا } 44^{\circ} 49'$$

$$=$$

$$\text{جا } 70^{\circ} 29'$$

$$0.9960 \times 0.7048$$

$$=$$

$$0.70426$$

$$= 0.7447$$

س (العزيمة) = شمال $48^{\circ} 08'$ غرب

البعد سمتى الحقيقى

$$= 90^{\circ} 00' - 19^{\circ} 27' = 70^{\circ} 33'$$

$$\text{الفرق} = 70^{\circ} 33' - 70^{\circ} 29' = 4' \text{ أبعد من النجم}$$

ثالثا - التوقيع :

$$\text{مقياس الرسم المستخدم} = 1 : 100,000$$

$$\begin{aligned} \text{طول دقيقة عرضية على لوحة التوقيع} &= ١٨٥٢ \text{ سم} \\ \text{طول دقيقة طولية على لوحة التوقيع} &= ١٨٥٢ \times \text{جتا } ٢٢^\circ ٥٥' \\ &= ١٨٥٢ \times ٠.٩٢١١ \\ &= ١٧٠٦ \text{ سم} \end{aligned}$$

من الرسم احداثيات الموقع الحقيقى للراصد :

$$\begin{aligned} \text{عرض} &= ٣٠^\circ ٥٣' ٢٢'' \text{ شمالا} \\ &= ٣٠^\circ ٥٥' ٩٨'' \text{ غربا} \end{aligned}$$

تمرينات تطبيقية :

١ - أوجد العرض الحقيقى للراصد فى كل من حالات المرور الزوالى للشمس الآتية :

العرض التقريبى	الارتفاع الحقيقى	التاريخ	الميل وقت الزوال
أ ١٠° ٤٣' ج ٢° ٥٤' ٢٧' ٣٠'	٧ أغسطس	٠٧ ٢١' ١٦' شمال	
ب ٥٠° ٣٦' ش ١٣° ٥٥' ٦٣'	١٨ أبريل	١٧ ٥٦' ١٠' شمال	
ج ٤٥° ٢٩' ش ٠° ٥٢' ٤٢' ٣٨'	٢٩ نوفمبر	١٥ ٣٢' ٢١' جنوب	
د ٤٩° ٠٠' ش ٢٣° ٥٩' ٦٣'	١٠ يونيو	٤٨ ٠٢' ٢٣° شمال	
هـ ٢٤° ٢٠' ج ٥° ٠٣' ٨٢'	٤ فبراير	٣١ ٢٥' ١٦' جنوب	

٢ - أوجد الموقع الحقيقى للراصد فى كل من الحالات التالية :

أ - الموقع الافتراضى ٣٥° ٤٨' شمالا ، ٨٧° ٠٠' غربا

اسم الجرم	الزاوية الزمنية الجرينتشية	الميل	الارتفاع الحقيقى
النجم المركب	١° ٥٦' ٨٢'	٥٣° ٢٧' شمال	٥١° ٦٨'
النجم الحمل	٣٠° ٣٢'	١٨° ٢٣' شمال	٣٢° ٤٠'

ب - الموقع الافتراضى ٠٥° ٤٠' شمالا ، ٣٢° ٧٥' غربا

اسم الجرم	الزاوية الزمنية الجرينتشية	الميل	الارتفاع الحقيقى
النجم الدبران	٢٤° ١١٢'	٢٨° ١٦' شم	٢٢° ٥٠'
النجم العيوق	٥٩° ١٠٢'	٥٩° ٤٥' شمال	٢١° ٦٩'
النجم الشعرى			
الشامية	٣٤° ٦٨'	١٧° ٠٥' شمال	٣٤° ٥٤'

ج - الموقع الافتراضى ٣٠° ٣٥' شمالا ، ٣٠° ٣٨' شرقا

اسم الجرم	الزاوية الزمنية الجرينتشية	الميل	الارتفاع الحقيقى
قلب الاسد	٣٠° ٣٢١'	٠٥° ١٢' شمال	٣٨° ٦٦'
السماك الرامح	٤٦° ٢٥٩'	١٩° ١٩' شمال	٤٩° ٣٣'

د - الموقع الافتراضى ٤٢° ٢١' شمالا ، ٣٠° ٩٤' غربا

اسم الجرم	الزاوية الزمنية الجرينتشية	الميل	الارتفاع الحقيقى
القمر	٥٧° ٦٤'	٠٠° ٠٠'	٠٩° ٥٤'
النجم رجل	٥١° ١٥٤'	١٤° ٠٨' جنوب	٥٣° ٢٣'

٣ - وقع نتائج الارصاد الفلكية التالية على لوحة بمقياس ١ : ٢٥٠٠٠٠ ،
وأوجد الموقع الجغرافى للمراصد فى كل حالة مما يلى :

أ - الموقع الافتراضى ١٠° ٤٠' شمالا ، ٥٠° ٥٨' شرقا

الارتفاع الحقيقى للجرم	البعد السمى المحسوب	العزيمة
١٢° ٢٧' ٦٢	٥٤° ٣٢' ٢٧	شمال ٠٠° ٥٠' غرب
٠٦° ٥١' ٤٧	٢٠° ٠٩' ٤٢	شمال ٣٠° ٢٢' غرب

ب - الموقع الافتراضى ٣٠° ٠٥' جنوبا ، ٢٤° ٣٠' غربا

الارتفاع الحقيقى للجرم	البعد السمى المحسوب	العزيمة
٣٠° ١٨' ٥٦	٥٤° ٤٠' ٣٣	جنوب ٠٠° ١١١' شرق
١٨° ٤١' ٦٧	٤٨° ١٧' ٢٢	جنوب ٠٠° ٤٦' شرق

ج - الموقع الافتراضى ٥٠° ٢٧' شمالا ، ٣٠° ١٠' شرقا

الارتفاع الحقيقى للجرم	البعد السمى المحسوب	العزيمة
٤٨° ٢٨' ٤٥	١٢° ٣٠' ٤٤	شمال ٠٠° ١٥٦' شرق
٠٠° ٣٩' ٦٢	٣٦° ٢١' ٢٧	شمال ٠٠° ١٤٢' غرب

٤ - وقع نتائج الارصاد الفلكية التالية على لوحة بمقياس ١ : ١٠.٠٠٠ ،
وأوجد الموقع الجغرافى الحقيقى للراصد فى كل حالة مما يلى :

أ - الموقع الافتراضى ٣٠° ٢٠' شمالا ، ٥٠° ١٥' شرقا

الارتفاع الحقيقى للجرم	البعد السمى المحسوب	العزيمة
١٥° ٢٩' ٦٤	٥٨° ٣٠' ٢٥	شمال ٣٠° ٤٨' شرق
١٢° ٤٩' ٤٥	٤٣° ١٠' ٤٤	شمال ١٠° ٢٦' غرب

ب - الموقع الافتراضى ١٠ ٤٢ ٣٦ جنوباً ، ٤٠ ١١ ٧٨ غرباً

الارتفاع الحقيقى للجرم	البعد السمتى المحسوب	العزيمة
٣٤ ١٧ ٥٥	٢٠ ٤٢ ٣٤	جنوب ٢٠ ٥٦ شرق
٠٣ ٥٢ ٤٩	٠٥ ٠٨ ٤٠	جنوب ٣٠ ١٤٨ شرق

ج - الموقع الافتراضى ٢٠ ٠٧ ٦٠ شمالاً ، ١٦ ١٠ شرقاً

الارتفاع الحقيقى للجرم	البعد السمتى المحسوب	العزيمة
٢٠ ٢٣ ٦٢	٤٩ ٣٦ ٢٧	شمال ٢٠ ١٣٢ شرق
٣٨ ٣٧ ٦٥	٣٧ ٢٢ ٢٤	شمال ٥٠ ١٤١ غرب

الفصل الخامس

حركات الارض

تتأثر البيئة الارضية بصورة مباشرة بالحركات المختلفة للارض فى الفضاء وما ينتج عنها من ظواهر فلكية كالليل والنهار والفصول الاربعة .
وللارض حركتين رئيسيتين هما : حركتها حول محورها ، وحركتها حول الشمس . ونتيجة لحركة الارض اليومية حول محورها من الغرب الى الشرق تبدو لنا القبة السماوية وكأنها السطح الداخلى لكرة مجوفة مركزها الارض تدور حول نفس المحاور ولكن من الشرق الى الغرب وتكمل دورة واحدة كل ٢٣ ساعة و ٥٦ دقيقة .

أولاً - حركة الأرض حول محورها Revolution

تدور الارض حول محورها فى ٢٣ ٥٦ ٤٠٩ ث ق س وتسمى هذه المدة الزمنية باليوم النجمى ، ويتحدد طول هذا اليوم بواسطة النجوم . فعند رصد موقع نجم ما بالنسبة لنقطة معينة على سطح الارض فى لحظة معينة واعادة رصده فى اليوم التالى أى بعد أن تدور الارض حول نفسها دورة كاملة ، فان المدة الزمنية بين الرصدتين تسمى باليوم النجمى . أما الفارق الزمنى بين زوال الشمس على خط زوال معين ووقت زوالها على نفس الخط فى اليوم التالى فمقداره ٢٤ ساعة بالضبط ، وتسمى هذه المدة الزمنية باليوم الشمسى ، وسوف يدرس فيما بعد كل من اليوم النجمى Sideral day واليوم الشمسى Solar day ويمكن تحديد اتجاه دوران الارض باحدى هذه الطرق :

١ - اذا تخيلنا أننا ننظر الى نقطة القطب الشمالى من ارتفاع ما فى الفضاء فاننا نرى الارض تدور فى اتجاه ضد عقرب الساعة .

٢ - اذا وضعنا اصبعنا فوق نقطة ما على سطح نموذج كروى للارض
١ بالقرب من دائرة استوائه ودفعنا هذا النموذج نحو الشرق فاننا نجعل
الارض تدور فى اتجاه دورانها الصحيح .

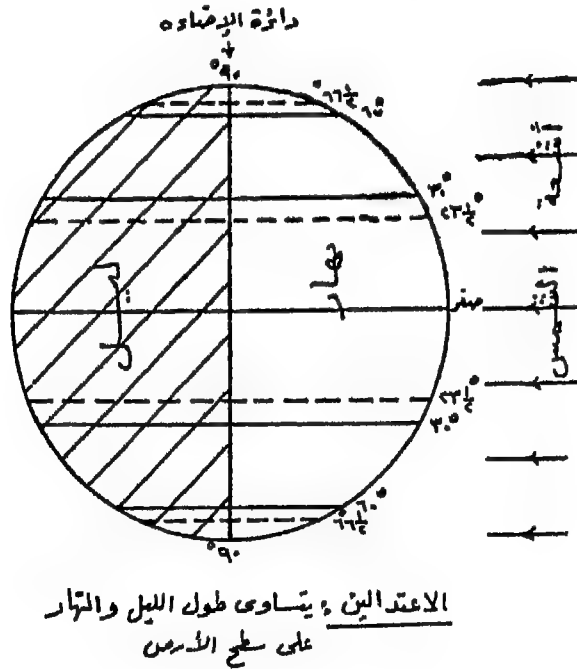
٣ - اتجاه حركة دوران الارض عكس اتجاه الحركة الظاهرية للشمس
والنجوم فى القبة السماوية ، وحيث تتحرك هذه الاجرام السماوية من
الشرق الى الغرب فان الارض لابد وانها تدور من الغرب الى الشرق .

سرعة دوران الارض حول محورها : يمكن حساب سرعة دوران الارض
حول نفسها عند نقطة واقعة على دائرة عرض معينة بقسمة طول محيط تلك
الدائرة على ٢٤ ساعة . فاذا كانت هذه النقطة على دائرة الاستواء فان
سرعة الدوران = $4000 \div 24$ ساعة = 166.67 كم/الساعة . أما
اذا كانت هذه النقطة واقعة على دائرة عرض 60° فان سرعة الدوران =
٢ ط (نق × جتا 60°) $\div 24 = 83.33$ كم/الساعة . أى أن سرعة
دوران الارض عند عرض 60° = نصف سرعة دورانها عند الاستواء ، وعلى
ذلك فان سرعة الدوران عند القطب = صفر . ولا يستطيع سكان الارض
ادراك هذه الحركة لانها تتم بمعدل ثابت ، ونخلص من ذلك بنتيجة هامة
وهى أن سرعة دوران الارض حول نفسها تتناقص كلما تزايدت درجة
العرض ، أى أنها تتناقص من الاستواء نحو القطبين ويترتب على هذه
النتيجة ظاهرتان هامتان هما :

١ - نشأة قوة طاردة مركزية تعمل على قذف الاجسام الى الخارج
نحو الفضاء . ولكن قوة الجاذبية الارضية التى تبلغ ٢٨٩ مرة قدر قوة
الطرد المركزى عند الاستواء تعمل فى الاتجاه المضاد وتثبت الاجسام على
سطح الارض . وتؤثر قوة الطرد المركزية فى وزن الاجسام على سطح الارض
اذ تؤدي الى تناقص الوزن تدريجيا بالاتجاه من القطبين نحو دائرة
الاستواء .

٢ - تنحرف الرياح والمياه الجارية الى يمين اتجاهها فى نصف الكرة
الشمالى وإلى يسار اتجاه حركتها فى نصف الكرة الجنوبي نتيجة لتناقص
سرعة الدوران من الاستواء نحو القطبين . وتسمى هذه القوة التى تعمل

على انحراف الرياح بقوة كوريوليس . ولذلك نرى أن الرياح التجارية الخارجة من نطاق الضغط المرتفع وراء المدارين (عروض الخيل) والمتجهة نحو نطاق الضغط المنخفض الاستوائي (الرهو الاستوائي) لا تهب في اتجاه شمالي/جنوبي في نصف الكرة الأرضية الشمالي ولا في اتجاه جنوبي/شمالي في نصف الكرة الجنوبي ولكنها تنحرف إلى يمين اتجاهها فتصبح شمالية شرقية في الشمال وإلى يسار اتجاهها فتصبح جنوبية شرقية في الجنوب . وبشبهها في ذلك الرياح القطبية المتجهة من الضغط المرتفع القطبي نحو الضغط المنخفض الستيني . أما الرياح الغربية (العكسية) فيكون اتجاهها جنوبي غربي/شمالي شرقي في نصف الكرة الشمالي ، وشمالي غربي/جنوبي شرقي في نصف الكرة الجنوبي .



شكل رقم (٥٤)

ظاهرة الليل والنهار :

ينتج عن دوران الأرض حول محورها - الذي يميل بزاوية قدرها

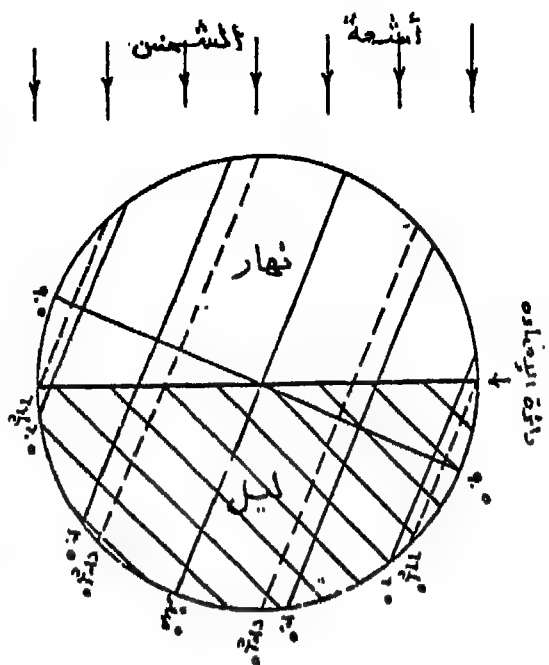
٢٧ '٢٣ من المستوى الرأسى - أمام الشمس وجود دائرة الاضاءة Cricle of illumination وهى الدائرة العظمى التى تفصل باستمرار بين نصف الارض المضى «النهار» ، ونصفها المظلم «الليل» وهذه الدائرة فى حركة دائمة لارتباطها بحركة الارض المستمرة أمام الشمس مصدر الضوء .

تقسم دائرة الضوء دوائر العرض الى قسمين متساويين فيتساوى طول الليل مع طول النهار على سطح الارض وذلك فى الاعتدالين الربيعى والخريفى (شكل ٥٤) ، أما فى الانقلابين الصيفى والشتوى فان دائرة الضوء تقسم دوائر العرض التى تمر بها الى أجزاء غير متساوية باستثناء دائرة الاستواء التى تقسمها الى قسمين متساويين ، وتلامس الدائرتين القطبيتين . وتبعاً لوضع دائرة الضوء أثناء الانقلاب الصيفى الشمالى تصبح المناطق الواقعة وراء الدائرة القطبية الشمالية فى نهار مدته ٢٤ ساعة فى اليوم بينما العكس صحيح وراء الدائرة القطبية الجنوبية حيث المظلام مدته ٢٤ ساعة فى اليوم . ويؤدى هذا الى تزايد طول النهار بالابتعاد من دائرة الاستواء نحو القطب الشمالى ، وتناقصه بالاتجاه صوب القطب الجنوبى . والعكس صحيح فى الانقلاب الشتوى الشمالى (شكل ٥٥) .

حساب طول الليل والنهار على سطح الأرض :

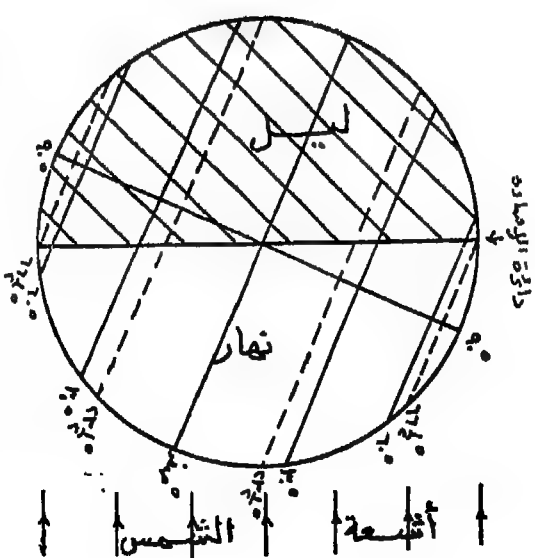
يتم ذلك برسم دائرة تمثل الأرض بنصف قطر تبعاً لمقياس رسم منتخب . ولسهولة العمل فان الأبعاد السالبة لنصف قطر الأرض تتخذ أساساً للعمل :

مقياس الرسم	نق الأرض
١ : ٢٠٠ مليون	٣١٨٥ سم
١ : ١٠٠ مليون	٦٣٧ سم
١ : ٥٠ مليون	١٣٧٤ سم
١ : ٢٠ مليون	٣١٨٥ سم
١ : ١٠ مليون	٦٣٧٠ سم
١ : ٥ مليون	١٣٧٤٠ سم



والتي تدور في السمت في الشمال - تدور الأرض في نصف
الكرة الشمالي وتدور في نصف الكرة الجنوبي،
مدى كل الدوران والشمس وراء الدائرة القطبية الشمالية و
والشمس وراء الدائرة القطبية الجنوبية.

شكل رقم (٥٥)



والتي تدور في السمت في الشمال : تدور الأرض في نصف
الكرة الشمالي وتدور في نصف الكرة الجنوبي،
مدى كل الدوران والشمس وراء الدائرة القطبية الشمالية و
والشمس وراء الدائرة القطبية الجنوبية.

١ - ترسم الدائرة بمقياس رسم مختار ، ويبين عليها محور الارض مائل عن الوضع الرأسى بزاوية قدرها $27^{\circ} 23'$.

٢ - يرسم القطر العمودى عليها ممثلا لدائرة الاستواء .

٣ - ابتداء من القطر الاستوائى توقع زاوية بمقدار العرض المطلوب حساب طول الليل والنهار عليه ، وذلك من مركز الدائرة .

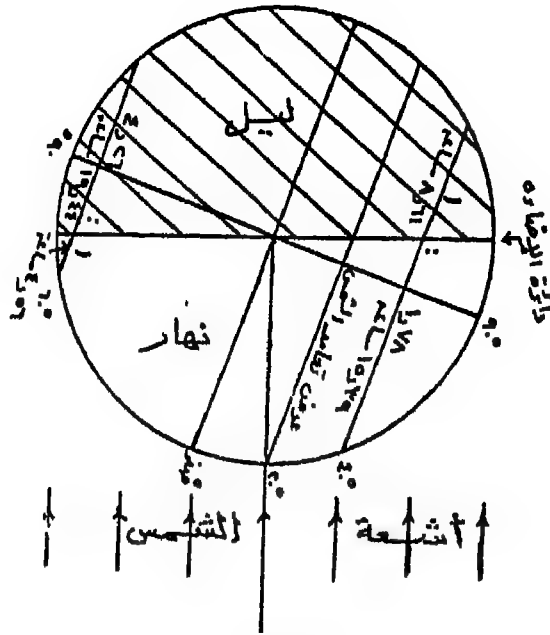
٤ - يرسم من نقطة تقابل ضلع الزاوية مع محيط الدائرة خطا يوازي القطر الاستوائى فيمثل قطر دائرة العرض المطلوبة .

٥ - يرسم قطر دائرة الضوء كخط رأسى ينصف دائرة الارض الى قسمين أحدهما يمثل النهار وهو المواجه لأشعة الشمس والآخر يمثل الليل المظاهر لها ، وذلك حسب عرض تعامد الشمس .

٦ - يتقاطع قطر دائرة الضوء مع قطر دائرة العرض المطلوبة فى نقطة . يقاس الجزء من دائرة العرض الواقع فى القسم الذى يمثل النهار ، كما يقاس الجزء الواقع فى قسم الليل . وتمثل النسبة بينهما النسبة بين طول الليل والنهار بضرب النسبة $24 \times$ ساعة ينتج لنا طول النهار وطول الليل (شكل ٥٦) .

الوقت وعلاقته بدوران الأرض حول محورها :

للموقت دور كبير فى نشاط الانسان اليومى ، وهو يقاس بطرق عدة يعتمد بعضها على تكرار الظواهر الارضية ، وتسمى هذه الطرق بالساعات الطبيعية ، كما عرف الانسان بعد ذلك الساعات الميكانيكية . ويعد دوران الارض حول محورها مقياسا طبيعيا لقياس الوقت ، حيث أن هذا الدوران يسمح لبعض الاماكن باستقبال ضوء النهار بينهما تكون أماكن أخرى فى الظلام . وتدور الارض من الغرب الى الشرق كما ذكرنا ، وفيما عدا المنطقتين الواقعتين خلف الدائرتين القطبيتين حيث يستمر النهار أو الليل 24 ساعة ، فانه خلال النهار تظهر الشمس فوق الافق الشرقى ثم تتحرك الى أعلى نقطة فى قوس مسارها ثم تهبط باتجاه الافق الغربى . ومع حركة الشمس الظاهرية هذه فان اتجاه وطول ظل الاشياء يغير ، اذ يحدث أطول



شكل رقم (٥٦)

نسبة طول الليل : طول النهار	نسبة طول الليل : طول النهار
على دائرة عرض ٦٠° جنوباً	على دائرة عرض ٤٠° شمالاً
$1 : ٤٢٦$	$1 : ١٧٨$
طول النهار = ٤٥٦ ساعة	طول النهار = ٥٣٩ ساعة
طول الليل = ١٩٤٤ ساعة	طول الليل = ٨٦١ ساعة

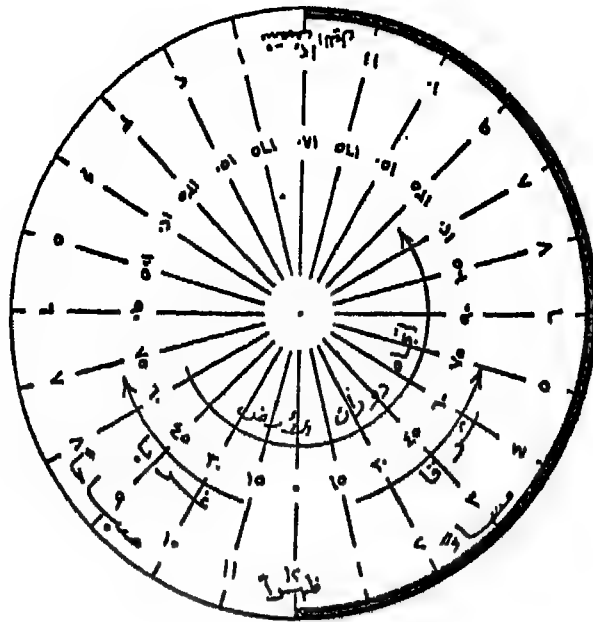
ظل في أول النهار ويكون اتجاهه ناحية الغرب ثم يأخذ في القصر تدريجياً حتى يصبح أقصر ظل عندما تكون الشمس في أعلى وضع لها في السماء ويحل وقت الزوال المحلى (الظهر) كما يحل على الأماكن الواقعة على نفس خط الزوال . ثم يأخذ الظل في الطول التدريجى مرة أخرى حتى يصل الى أطول ظل في آخر النهار عند مغيب الشمس ويكون اتجاهه ناحية الشرق . ولقد استخدمت المزاوول الشمسية (طول ظل الأشياء) فيما مضى لقياس التوقيت الظاهرى المحلى .

وبيين الجدول التالي اختلاف طول النهار خلال شهور السنة على دوائر عرض مختلفة :

الشهر	العرض		الاستواء		٥٠ شمالا		٦٠ شمالا		٧٠ شمالا	
	ق	س	ق	س	ق	س	ق	س	ق	س
يناير	٧ر٨	١٢	٣٣	٨	٤٢	٦	٥٨ر٨	٤	(ظلام)	
فبراير	٧ر٨	١٢	٠٠	١٠	١ر٢	٩	٥٩ر٤	٩		
مارس	٧ر٨	١٢	٤٨ر٦	١١	٤٢	١١	٣٩	١٤		
ابريل	٧ر٨	١٢	٤١ر٤	١٣	٢٨ر٢	١٤	٥٧ر٦	١٨		
مايو	٧ر٨	١٢	١٩ر٨	١٥	١ر٨	١٧	٥٠ر٠٠	٢٤		
يونيو	٧ر٨	١٢	١٣ر٢	١٦	٣٥ر٤	١٨	٥٢ر٨	٢٤		
يوليو	٧ر٨	١٢	٤٩ر٨	١٥	٥٢ر٨	١٧	٣٠ر٥	١٥		
اغسطس	٧ر٨	١٢	٢٤	١٤	٣٣	١٥	١٠ر٨	١١		
سبتمبر	٧ر٨	١٢	٣٦	١١	٥١ر٦	١٢	٠٦	١١		
أكتوبر	٧ر٨	١٢	٤٣ر٨	١٠	٧ر٢	١٠	٢٧	٦		
نوفمبر	٧ر٨	١٢	١ر٨	٩	٣١ر٢	٧	٥٥ر٢	٥		
ديسمبر	٧ر٨	١٢	٥ر٤	٨	٥٥ر٢	٥	صفر	(ظلام)		

التوقيت العالمى Standard time :

تتحرك الشمس حركة ظاهرية بمعدل ثابت ، ويكون التوقيت الشمسى أثناء اليوم متساويا عند جميع النقط الواقعة على خط الزوال . وعلى هذا فان جميع النقط الواقعة على خط زوال جرينتش لها نفس التوقيت الشمسى . ويعرف التوقيت عند خط زوال صفر بتوقيت جرينتش أو التوقيت العالمى الذى يبدأ منه التوقيت اليومى . وقد اتخذ من وقت الزوال (الظهر) على خط الصفر على أنه يحل فى تمام الثانية عشر ظهرا (ولذلك يسمى هذا الخط بنصف دائرة النهار) ، بينما فى نفس الوقت تدق الساعة الثانية عشر منتصف الليل على خط زوال ١٨٠° (ولذلك يسمى هذا الخط بنصف دائرة الليل) (شكل ٥٧) .



شكل رقم (٥٧)

فروق التوقيت : باعتبار أن الشمس تدور حول الارض ظاهريا من الشرق الى الغرب بمعدل ٢٤ ساعة لاتمام رحلتها حول الارض ، فمعنى ذلك أن الشمس تمر عبر ٣٦٠ درجة طولية خلال ٢٤ ساعة ، أى أنها تقطع ١٥ درجة طولية كل ساعة او درجة طولية كل ٤ دقائق ٠ وعلى ذلك فان التوقيت المحلى فى المناطق الواقعة شرق جرينتش يكون متقدما عن توقيت جرينتش ، بينما تلك الواقعة غرب جرينتش يكون التوقيت المحلى متاخرا عنه ٠ فاذا كان التوقيت عن خط زوال ٤٥ شرقا هو السادسة مساء فان توقيت جرينتش يكون الثالثة مساء ، وعند خط زوال ٣٠ غربا الواحدة مساء ٠ ويستفاد من فرق التوقيت معرفة التوقيت المحلى اذا عرف التوقيت عند جرينتش ٠

المناطق الزمنية : World time zones

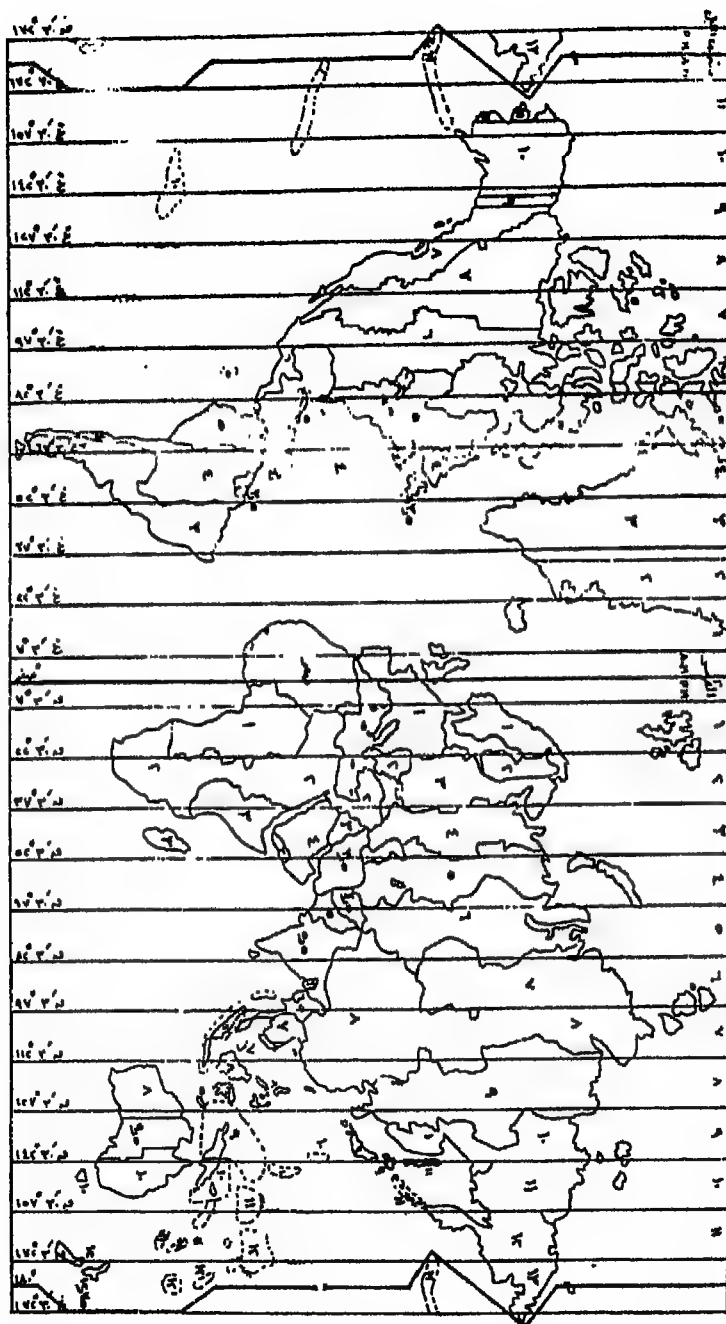
قسم سطح الارض الى عدة مناطق زمنية ، بحيث تحتوى كل منطقة

جزء منه محصور بين ١٥° طولية . وبذلك نجد أن سطح الأرض يحتوى على ٢٤ منطقة زمنية بعدد ساعات اليوم الواحد . وتقع المنطقة الزمنية الاولى بين خطى زوال ٧٥ شرقا ، ٧٥ غربا والتوقيت القياسى لها هو التوقيت المحلى لجرينتش . أما التوقيت القياسى للمنطقة الواقعة بين ٧٥° ، ٢٢° شرقا فانه مماثل للتوقيت المحلى لخط زوال ١٥ شرقا ٠٠ وهكذا فالتوقيت القياسى للمناطق المتتالية شرق جرينتش هو التوقيت المحلى لخطوط زوال ١٥ ، ٣٠ ، ٤٥ ، ٦٠ ، ٧٥ ، ٩٠ ، ٠٠ درجة شرق ، وهو ساعة ، ساعتان ، ثلاث ساعات ، أربع ساعات ٠٠ قبل توقيت جرينتش والمناطق المتتالية غرب جرينتش يكون توقيتها القياسى هو التوقيت المحلى لخطوط زوال ١٥ ، ٣٠ ، ٤٥° ، ٠٠ درجة غرب ، وهو ساعة ، ساعتان ، ثلاث ساعات ٠٠ بعد توقيت جرينتش . وتعديل حدود المناطق الزمنية فى بعض الاماكن لتساير الحدود السياسية (شكل ٥٨) .

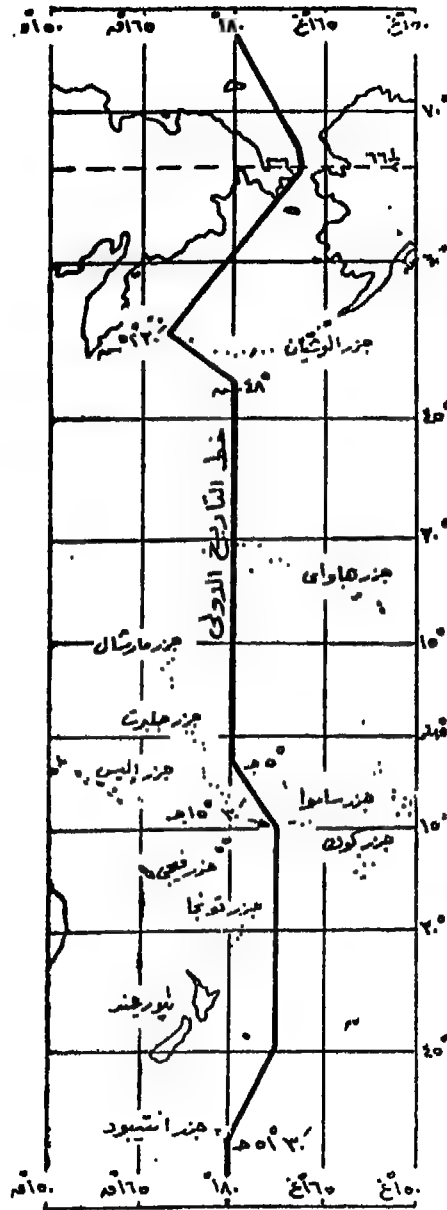
خط التاريخ الدولى The International Date Line :

باعتبار أن خط جرينتش هو خط الصفر والى الشرق منه ١٨٠ خط زوال ، وهذا يعادل ١٢ منطقة زمنية ، فان هذا يعنى أن القوت يكون متقدما ب ١٢ ساعة من التوقيت المحلى لجرينتش ، أما الى الغرب من خط الصفر وحيث هناك ١٢ منطقة زمنية أيضا فان الوقت يكون متاخرا ب ١٢ ساعة عن التوقيت المحلى لجرينتش . والتطابق بين خطى زوال ١٨٠ شرقا و ١٨٠ غربا أمر مسلم به ، ولكن تكمن المشكلة هنا فى أن يكون لمكان واحد توقيتين مختلفين . وعلى فرض أن الساعة = صفر (٢٤٠٠) عند جرينتش فمعنى ذلك أن الساعة ستكون ١٢ ظهرا عند كل من خطى زوال ١٨٠ شرقا و ١٨٠ غربا (علما بأنهما خط واحد) ، وهذا صحيح الا أن الفارق بينهما ٢٤ ساعة أى يوم كامل . وإذا كان الوقت ظهرا عند جرينتش فان منتصف الليل سيكون عند خط زوال ١٨٠ شرق وغرب وعندها فان اليوم يكون واحدا - ولكنه حرجا - فى كل المنطقة بين خطى زوال ١٨٠ شرقا ، ١٨٠ غربا . ولكن لو افترضنا أن الساعة تعادل ٦ مساء (١٨٠٠) عند جرينتش واليوم ثلاثاء فيكون الوقت الساعة صفر (٢٤٠٠) منتصف الليل عند خط زوال ٩٠

شكل رقم (٥٧)



شرقا ٠ بينما الساعة ستكون الثانية صباح يوم الاربعاء أى بعد منتصف الليل
عند خط زوال ١٢٠ شرقا، والسادسة صباح يوم الاربعاء عند ١٨٠ شرقا. أما



شكل رقم (٥٩)

الى الغرب من جرينتش فيكون
الوقت عند طول ١٢٠ غربا
(عندما يكون الوقت عند
جرينتش ٦ مساء) الساعة
العاشرة صباحا من يوم الثلاثاء
والسادسة صباحا من يوم
الثلاثاء عند ١٨٠ غربا. وهكذا
نجد أن خط زوال ١٨٠ شرق
غرب والذان يعبران عن مكان
واحد، لهما تاريخين مختلفين.
ولما كان من غير المستحب أن
يكون لمكان واحد تاريخين
مختلفين فقد اتفق على أن
يبدأ كل يوم جديد من خط
التاريخ الدولي والذي ينطبق
على خط زوال ١٨٠ شرق
غرب ٠ ويتحاشى هذا الخط
سطح اليابس ويمر فوق
المسطحات المحيطية (شكل
٥٩) وعلى من يعبر خط
التاريخ الدولي تعديل تاريخ
الوقت ٠ فلو تم الانتقال من
الشرق الى الغرب يجب تقديم

التاريخ يوما ، واذا حدث العكس فيجب عندها تاخير التاريخ يوما . على سبيل المثال عند عبور المحيط الهادى من نيوزيلندا الواقعة غرب خط التاريخ الدولى باتجاه امريكا الجنوبية شرق خط التاريخ الدولى فمن الضرورى تغيير التاريخ فاذا كان التاريخ هو يوم الاثنين فى نيوزيلندا فمعنى ذلك سيكون التاريخ يوم الاحد فى امريكا الجنوبية .

اليوم الشمسى Solar Day :

يحدد اليوم الشمسى بالمدة الزمنية الفاصلة بين مرور الشمس على خط زوال واحد مرتين متتاليتين ، أو بمعنى آخر يحدد بالفترة الزمنية بين وقت الزوال المحلى ووقت الزوال التالى له . وعلى هذا فان الفترة بين زوالين متتاليين غير سائة ، اذ ان الفترة بين كل عبور لدائرة نصف النهار تتغير على مدار السنة . ويتاثر التوقيت المحلى بعدم ثبات طول اليوم الشمسى . ويرجع ذلك الى شكل مدار الارض شبه البيضاوى من جهة ، والى ميل محور الارض على مدارها من ناحية اخرى . واليوم الشمسى المتوسط هو متوسط طول الايام الشمسية خلال السنة ، أى تجمع اطوال الايام الشمسية ويقسم المجموع على ٣٦٥ . ويقسم اليوم الشمسى المتوسط الى ٢٤ ساعة ، وقسمت الساعة الى ٦٠ دقيقة ، والدقيقة الى ٦٠ ثانية أى أن الثانية الواحدة = $\frac{1}{86400}$ من اليوم الشمسى . ويتلأى الاختلاف بين اليوم الشمسى واليوم المتوسط المحلى أربع مرات سنويا وذلك فى ١٥ ابريل ، ١٥ يونيو ، ٣١ أغسطس ، ٢٣ ديسمبر .

اليوم النجمى Sideral day :

هو عبارة عن المدة الزمنية الفاصلة بين رصد نجم ثابت مرتين متتاليتين من نفس المكان على سطح الارض . واذا رصدنا نجم ثابت فى منتصف ليلة ما، وحاولنا رصده فى نفس المكان فى منتصف الليلة التالية فاننا نلاحظ ان النجم فى غير مكانه لان الارض تكون قد تحركت خلال الاربع وعشرون ساعة درجة واحدة تقريبا فى رحلتها شرقا حول الشمس . وعلى ذلك يظهر النجم الى اليمين أى غرب موقعه السابق قليلا متأخرا قرابة أربع دقائق . وفى كل ليلة يظهر هذا النجم وغيره من النجوم على مسافات أبعد الى الغرب

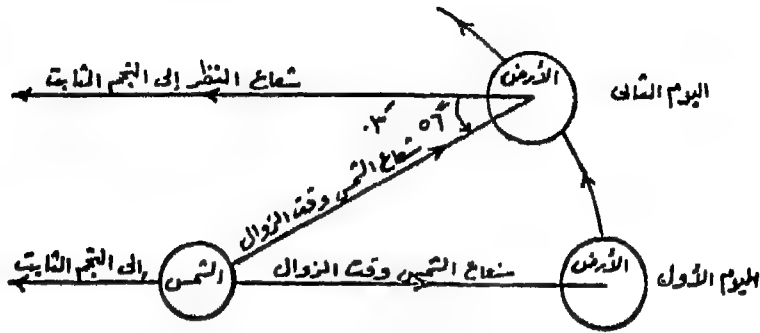
الى ان تعود الى مواقعها الاصلية بعد عام . ويقل اليوم النجمى عن اليوم
الشمسى بمقدار ٣ دقائق ، ٥٦ ثانية (شكل ٦٠) .

اليوم الشمسى - اليوم النجمى = ٣ دقائق و ٥٦ ثانية .

اليوم النجمى = اليوم الشمسى (٢٤ ساعة) - ٣ دقائق و ٥٦ ثانية
= ٤ ثانية ٥٦ دقيقة ٢٣ ساعة .

فاذا كان التوقيت الشمسى هو ١٢ ظهرا فان التوقيت النجمى يكون

١١ر٥٧ .



شكل رقم (٦٠)

تحديد وقت زوال الشمس :

عرفنا فيما سبق أنه يمكن تحديد عرض مكان الراصد فى أى وقت من
أوقات السنة عن طريق قياس زاوية ارتفاع الشمس عن خط الافق فى وقت
الزوال ومعرفة عرض تعامد الشمس ويعنى هذا أمران :

١ - معرفة وقت الزوال بدقة حتى يمكن قياس زاوية ارتفاع الشمس
فى تلك اللحظة .

٢ - معرفة عرض تعامد الشمس .

وليس وقت الزوال هو الساعة الثانية عشر ظهرا كما يظن الكثيرون .
ولتحديد وقت زوال الشمس بالضبط ، يتم تثبيت شاخص فى وضع

رأسى تماما ، واللحظة التى ينطبق فيها ظل الشاخص على اتجاه الشمال الجغرافى تكون حى وقت الزوال تماما ، وتكون الشمس وقتئذ فوق خط الزوال المار بهذا الشاخص . ويلاحظ عند تسجيل وقت الزوال هذا على مدار السنة بهذه الطريقة انه يحل أحيانا مبكرا عن الثانية عشر ظهرا ببضع دقائق ، وأحيانا أخرى متأخرا بضع دقائق . وفى أربعة أيام فقط من أيام السنة تكون الشمس فوق خط زوال الشاخص فى تمام الساعة الثانية عشر ظهرا . ويعرف الفرق الزمنى بين الساعة الثانية عشر ظهرا (وقت زوال الشمس الظاهرى) ووقت زوال الشمس الحقيقى بمعادلة الوقت Equation of time . ويقال أن الشمس قد أسرع عندما تصبح فوق خط الزوال قبل الثانية عشر ظهرا ، وتصبح اشارة معادلة تصحيح الوقت سالبة ، وعندما تاتى فوق خط الزوال بعد الثانية عشر ظهرا يقال أن الشمس قد أبطأت وإشارة التصحيح موجبة . ويلاحظ أن الشمس تتعامد على خط الزوال مبكرا فى الفترة بين سبتمبر وديسمبر ، وتتعامد متأخرة فى الفترة بين يناير ومارس . وخلال هاتان الفترتان فإن قيمة التصحيح فى معادلة الوقت تكون $+ 16$ دقيقة ، - 14 دقيقة على الترتيب فتضاف أو تطرح الى الثانية عشر ظهرا . وتسرع الشمس مرة أخرى خلال شهر مايو وقيمة التصحيح تساوى 4 دقيقة ، كما تبطىء خلال شهرى يوليو وأغسطس وقيمة التصحيح 16 دقيقة .

الاناليمما The analemma :

يمكن معرفة قيمة التصحيح وإشارته الجبرية فى معادلة الوقت فى أى يوم من أيام السنة عن طريق نموذج بيانى يعرف باسم الاناليمما (شكل ٦١) . ويبين هذا النموذج البيانى العلاقة بين قيمة التصحيح وعرض تعامد الشمس . وقد تم توقيع قيم التصحيح على يمين ويسار خط رأسى أوسط ، حيث يبين الجانب الايمن حالة الشمس البطئية أى أن اشارة التصحيح تكون موجبة ، والعكس على الجانب الايسر أى حالة الشمس السريعة وإشارة التصحيح سالبة . كما وقعت قيم عرض تعامد الشمس أعلى وأسفل خط أفقى أوسط ، وتتراوح هذه القيم بين $23^{\circ}5'$ شمالا ، $23^{\circ}5'$ جنوبا . وعند

توصيل نقط قيم التصحيح الموقعة أمام عرض تعامد الشمس لكل يوم من ايام السنة يتكون نموذج الاناليمما الذى يشبه رقم 8 الافرنجى .

ويرجع تباين حركة الشمس الظاهرية بالاسراع أو الابطاء الى اختلاف سرعة حركة دوران الارض حول الشمس على مختلف اجزاء مدارها . فعندما تكون الارض فى منطقة الاوج تسرع من حركتها الدورانية حول الشمس وحول نفسها والعكس صحيح عندما تكون فى منطقة الحضيض .

استخدام الاناليمما :

عند استخدام الاناليمما لحساب وقت زوال الشمس الصحيح ، يفترض فى البداية أن وقت الزوال يحل فى الساعة الثانية عشر ظهرا ، ثم تضاف قيمة التصحيح اذا كانت الشمس بطيئة ، وتطرح اذا كانت الشمس سريعة .

مثال : احسب وقت الزوال الصحيح فى مدينة الاسكندرية يوم ٢٥ فبراير اذا كان الاحداثى الفلكى لها هو $31^{\circ} 05'$ ، $145^{\circ} 29'$ ق .

ساعة	دقيقة	
١٢ ظهرا	٠٠	الحل : وقت الزوال الظاهرى

قيمة التصحيح لمعادلة الوقت يوم ٢٥ فبراير

حسب نموذج الاناليمما + ١٣ —

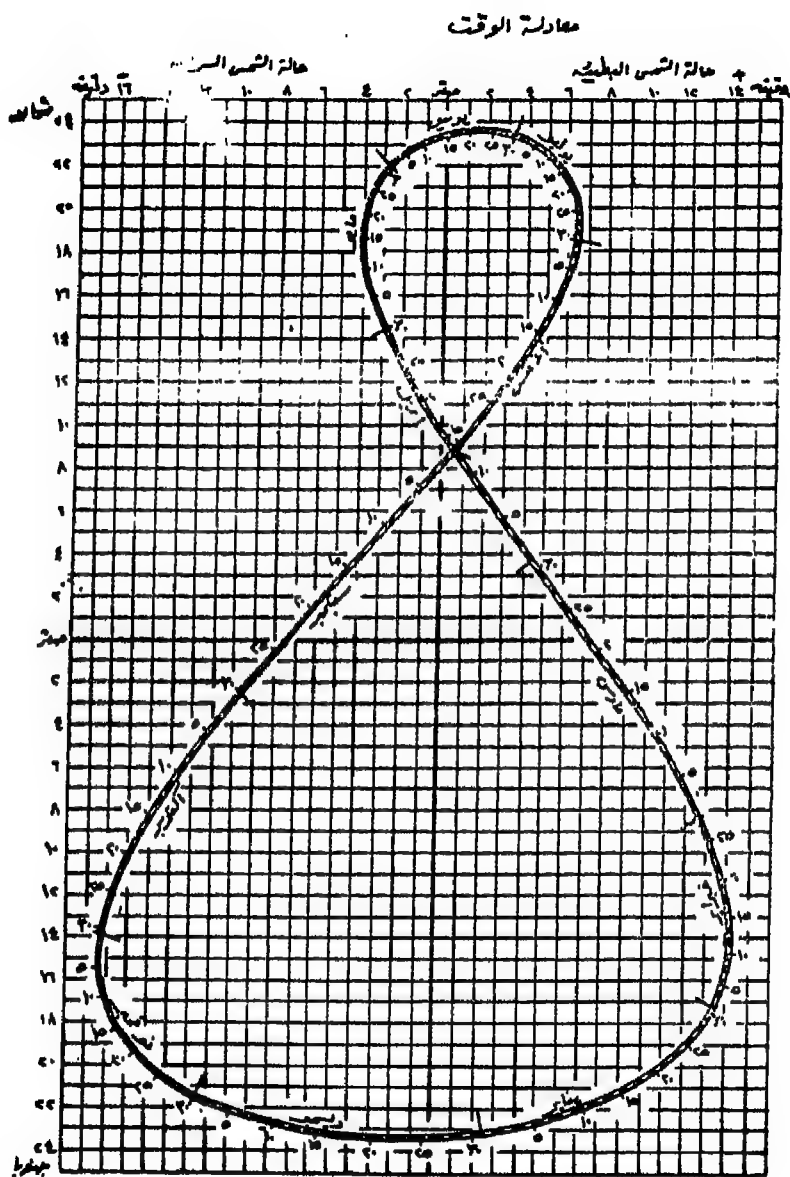
قيمة التصحيح لفرق الطول بين الاسكندرية

وخط زوال التوقيت القياسى للمنطقة الزمنية

بين $22^{\circ} 37'$ شرقا ، وهو خط زوال 30° ق — ١ —

وقت الزوال الصحيح فى الاسكندرية يوم

٢٥ فبراير	١٢	١٢ ظهرا
-----------	----	---------



تمتدح النتائج

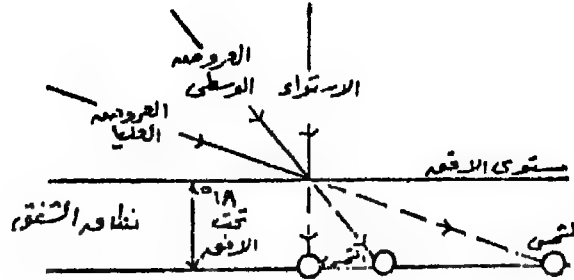
شكل رقم (٦١)

ظاهرة الشفق Twilight

الشفق هو الضوء الذى يظهر فى الافق قبل شروق الشمس وبعد غروبها . ويطلق احيانا هذا التعبير على الفترة الزمنية بين ظهور ضوء الشمس وشروقها الحقيقى فوق الافق ، وبين اختفاء الشمس تحت الافق واختفاء ضوءها . وتقدم هذه الظاهرة اضافة هامة الى طول النهار خاصة فى العروض العليا . ولتوضيح ذلك، نفترض أن النهار يحل عند شروق الشمس فوق الافق الشرقى ، وأن الليل يحل بصورة فعلية عند غروب الشمس تحت الافق الغربى . وفى هذه الحالة فإن طول النهار يمكن اعتباره من لحظة بزوغ الشمس حتى لحظة غروبها، وطول الليل هو من لحظة غروب الشمس حتى لحظة بزوغها . وهذا التحديد لطول كل من النهار والليل صحيح من وجهة النظر الفلكية . ولكن فى حقيقة الامر فإن النهار - أى اضاءة الكون - يحل قبل بزوغ الشمس فوق الافق الشرقى بفترة زمنية ، ويحل الليل - أى اظلام الكون - بعد غروب الشمس تحت الافق الغربى بفترة زمنية . وهاتان الفترتان اللتان يضاء فيهما الكون قبل شروق الشمس وبعد غروبها يمكن اضافتهما الى فترة النهار من وجهة النظر العملية .

ويعزو الشفق الى وجود الغبار وذرات الماء عالقين فى الجو ، حيث يؤدي الى انكسار أشعة الشمس عند اختراقها الغلاف الغازى وانحنائها نحو سطح الارض . وتعتمد فترة دوام الشفق على سمك الغلاف الغازى وكمية ما به من مواد عالقة ، ودرجة انحدار الشمس تحت الافق ، وزاوية مستوى مسار الشمس فى القبة السماوية التى تحددها درجة عرض المكان (شكل ٦٢) . فعندما يكون مستوى مسار الشمس عموديا أو قرب ذلك كما هو الحال فى النطاق الاستوائى ، فإن الشمس ترتفع من تحت الافق الشرقى وتغطف تحت الافق الغربى بسرعة معدلها 15° / الساعة . أما فى العروض العليا فإن معدل سرعة ارتفاع أو غطس الشمس يكون أبطأ بسبب ميل مستوى مسار الشمس . فعلى سبيل المثال تبلغ فترة دوام الشفق فى الاعتدالين عند دائرتى عرض 60° شمالا وجنوبا ضعف فترة دوامه عند الاستواء ذلك لان مستوى

مسار الشمس يصنع فى ذلك الوقت زاوية قدرها ٣٠ مع المستوى الافقى
(٩٠ - ٦٠ = ٣٠) °



نسخ رقم (٦٢)

وينقسم الشفق تبعاً لدرجة انحدار الشمس تحت الافق الى ثلاثة انواع هى :

١ - الشفق الفلكى **Astronomical twilight** : ويظهر فى الصباح عندما تكون الشمس تحت الافق الشرقى بـ ١٨° ، وينتهى فى المساء عندما تصبح الشمس تحت الافق الغربى بـ ١٨° ، وهو عبارة عن ضوء فضى خافت .

٢ - الشفق البحرى **Nautical twilight** : عندما تكون الشمس تحت الافق بـ ١٢° ، فان ضوء الشفق يصبح أكثر وضوحاً ولكنه مازال ضعيفاً لا يسمح الا برؤية الخطوط الخارجية المحددة للمرتفعات والمباني والاشجار ، وخط الافق غير محدد ، وتظل النجوم التى يسترشد بها الملاحون ظاهرة فى السماء ، ولذلك سمي بالشفق البحرى .

٣ - الشفق المدنى **Civil twilight** : يتحدد هذا الشفق بكمية الضوء التى تسمح بممارسة العمل خارج المنزل دون الحاجة الى اضاءة صناعية ، وفى ذلك الوقت تكون الشمس تحت الافق بـ ٦° .

وتزداد فترة دوام الشفق بالتقدم من الاستواء نحو القطبين ، فالشفق الفلكى فى المنطقة المدارية أقصر منه فى أى مكان آخر على سطح الارض ، اذ يدوم هناك لمدة ٧٢ دقيقة فقط . وهناك خطأ شائع مؤداه أن الشمس فى

الطاق الاستوائى تشرق وتغرب بصورة فجائية ، أى أن فترة دوام الشفق قصيرة جدا . ولقد اثبتت أرصاد محطة هارفارد الفلكية فى مدينة أركيبا Arequipa فى بيرو ، والتي تقع فى المنطقة المدارية (٣٠ ° ١٦ ج) ، وعلى ارتفاع ٨٠٠٠ قدم فوق مستوى سطح البحر ، وتتميز بهوائها النقى الجاف - تعتبر هذه الظروف مثالية كى تكون فترة دوام الشفق قصيرة - ان الشمس قد غربت فى تمام الساعة الخامسة والنصف مساء بالتوقيت المحلى ، وفى السادسة أى بعد ثلاثين دقيقة استطاع الراصد قراءة ورقة مكتوبة بالآلة الكاتبة بسهولة . وفى السادسة والنصف تمكن من قراءة ساعة اليد لمعرفة الوقت بوضوح ، وفى السادسة وأربعون دقيقة أى بعد سبعين دقيقة من غروب الشمس كان الضوء فى الافق الغربى لامعا بدرجة تكفى كى ينقى جسم ما بظله على سطح أبيض أو فاتح اللون . وفى السادسة وخمسون دقيقة اختفى الشفق تماما .

أما فى العروض العليا ، ونتيجة للميل الكبير لمستوى مسار الشمس ، فإن الشفق يدوم لفترة زمنية طويلة . وفى النطاق الواقع بين دائرتى عرض ٣٠ ° ٤٨ ، ٣٠ ° ٦٦ وعلى مدار السنة يكون اجمالى فترتى شفق الصباح وشفق المساء مساو أو أكبر قليلا من فترة دوام الشمس فوق الافق .

ويدوم الشفق الفلكى فى العروض القطبية طوال المدة التى تتراوح فيها درجة انحدار الشمس تحت الافق بين صفر ' ، ١٨ ' ، وهذه المدة هى من ٢٣ سبتمبر الى ١٤ نوفمبر ، ومن ٢٩ يناير الى ٢١ مارس ، أى لمدة سبعة أسابيع فى كل فترة .

ثانيا : دوران الأرض حول الشمس Revolution

يطلق على حركة الأرض فى مدارها حول الشمس مصطلح الحركة الانتقالية revolution وتعرف الفترة الزمنية اللازمة كى تتم الأرض دورة كاملة حول الشمس بالسنة . وتقاس هذه الفترة الزمنية بعدة طرق :

١ - الفترة الزمنية اللازمة لدوران الأرض حول الشمس بدءا من نقطة

على مدارها والعودة اليها ، وذلك بمساعدة أحد النجوم الثابتة فى السماء .
وتسمى هذه الفترة بالسنة النجمية Sidereal year وهى ثابتة الطول .

٢ - طول الفترة بين اعتدال ربيعى والاعتدال الخريفي التالى له ،
أى بين وقت زوال ٢١ مارس ووقت زوال ٢١ مارس التالى له . وتسمى هذه
الفترة بالسنة المدارية Tropical year وطولها ٣٦٥٢٤٢٢ يوما ، أى
ثانية . دقيقة ساعة يوم

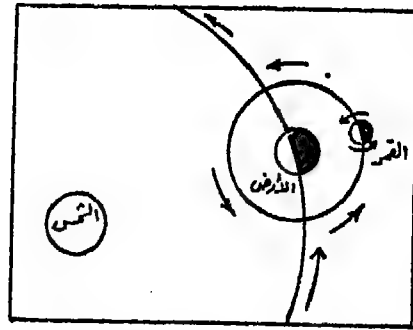
٤٥٦٨ ٤٨ ٥ ٣٦٥ ٣٦٥ ١/٢ يوم تقريبا . وعلى ذلك فإن
الفرق بين السنة المدارية وسنة التقويم Calendar year هو ١/٢ تقريبا فى
السنة . ويتجمع يوم كامل كل أربع سنوات ، ويضاف على شهر فبراير
ويصبح اليوم التاسع والعشرون ، وذلك لتصحيح سنة التقويم بالنسبة للسنة
المدارية وتسمى بالسنة الكبيسة . ولكن يظل هناك فرق تصحيح صغير مقداره
ثانية دقيقة

١٤٣٢ ١١ ٠٠٧٨ ر . يوم وإشارته موجبة ، ويتم تصحيحه كل ١٢٨
سنة وذلك بطرح يوم كامل . ويسمى هذا التصحيح بالتصحيح القرنى . وقد
اتفق على حذف سنوات القرون من الكبيسة ما لم تكن أعدادها تقبل القسمة
على ٤٠٠ .

مسار الأرض حول الشمس Earth's orbit :

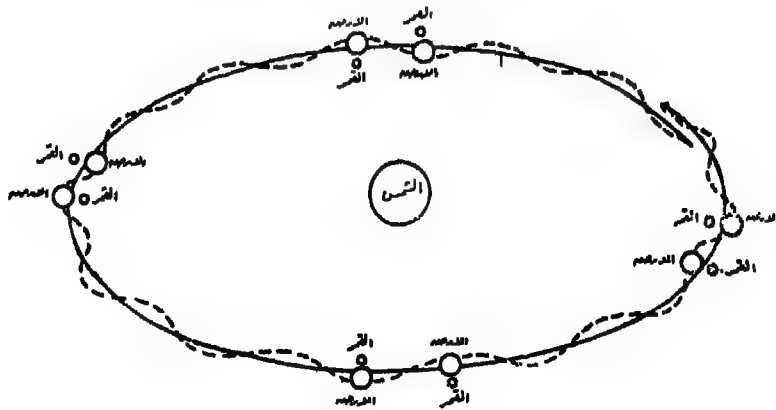
تدور الأرض حول الشمس فى اتجاه ضد عقارب الساعة ، وذلك فى
اتجاه دوران الأرض حول نفسها (شكل ٦٣) . ويسمى المسار الذى تسلكه
الأرض فى دورانها حول الشمس بمدار الأرض ، وهو على شكل قطع ناقص
وليس بدائرة ولكن نسبة تفلطحه طفيفة . وتحتل الشمس إحدى بؤرتى هذا
القطع الناقص .

وفى الحقيقة فإن النقطة التى ترسم مسار الأرض حول الشمس ليست
هى مركز الأرض . ويرجع ذلك إلى تلازم كل من الأرض والقمر فى الدوران
حول الشمس ، وهما يشبهان فى تلازمهما الدمبلز الحديدى الذى يستعمل
فى التمرينات الرياضية . وإذا كانت كتلة القمر تساوى كتلة الأرض فإن
نقطة مسارهما التى ترسم قطع ناقص حول الشمس هى النقطة الواقعة



شكل رقم (٦٣)

فى منتصف المسافة بينهما • ولكن كتلة الأرض تزيد ٨٠ مرة عن كتلة القمر ،
ونذا فان مركز مجموع كتلتى الأرض والقمر يقع على مسافة ٤٨٠٠ كم من
مركز الأرض • ونقطة المركز هذه لا ترسم بدورها قطعاً ناقصاً أثناء دورانها
حول الشمس ، لان القمر يدور حول الأرض فى اتجاه دورانها حول
الشمس • فعندما يقع القمر بين الشمس والأرض أى يكون القمر والشمس
فى جهة واحدة بالنسبة للأرض ، فان مركز الدوران - مركز مجموع كتلتى
الأرض والقمر - يبتعد عن الشمس ، وعندما تقع الأرض بين الشمس والقمر ،
أى يكون القمر من الجهة الأخرى للأرض بالنسبة للشمس ، فان مركز الدوران
يقترّب من الشمس • ويبلغ مقدار الابتعاد والاقتراب حوالى ٩٦٠٠ كم •

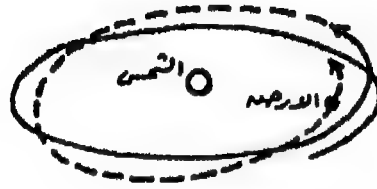


شكل رقم (٦٤)

وبمعنى آخر فان مركز دوران الارض وتابعتها القمر يتبع مساراً متعرجاً حول الشمس (شكل ٦٤) .

وهناك قوى جذب أخرى تعمل على تعرج مسار الارض حول الشمس، وهى قوى جاذبية كواكب المجموعة الشمسية . وعلى الرغم من أن هذه الكواكب أكبر فى كتلتها من كتلة القمر ، إلا أنه نتيجة لبعدها عن الارض بمسافات كبيرة فان قيمة قوتها المؤثرة فى تعرج مسار الارض ضئيلة جداً حتى أنه يمكن إهمالها فى الدراسات الجغرافية .

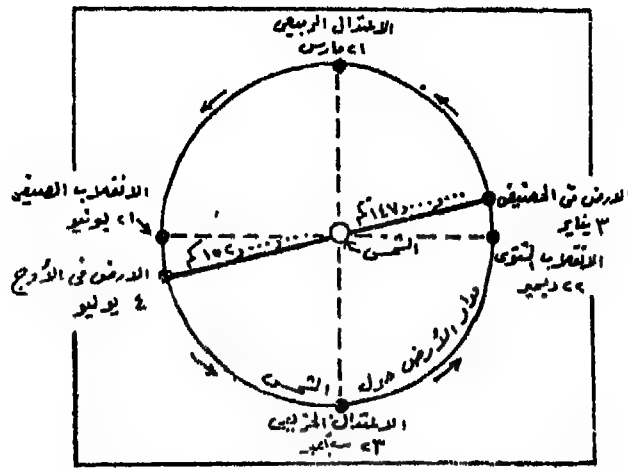
ومن ناحية أخرى فان مجموعة الارض والقمر لا تتبع فى حركتها حول شمس نفس المسار تداً فى مستويات المتتالية ، ففى كل دورة يبدأ مساراً من موضع يقع الى حد ما فى اتجاه مضاد لاتجاه عقارب الساعة بالنسبة للموضع الذى سبقه (شكل ٦٥) .



شكل رقم (٦٥)

• الـAphelion والحضيض Perihelion

تبعد الارض عن الشمس بمسافة متوسطة قدرها ١٥٠ مليون كم، وحيث أن مدار الارض حول الشمس على شكل قطع ناقص تحتل الشمس إحدى بؤرتيه فان المسافة بين الارض والشمس تزيد وتنقص عن هذه القيمة المتوسطة بمقدار ٢٤ مليون كم . وفى يوم ٣ يناير تصبح الارض أقرب ما يمكن للشمس وتبلغ المسافة بينهما ١٣٧ مليون كم ، وتسمى النقطة التى تحتلها الارض حينئذ بالحضيض Perihelion وفى يوم ٤ يوليو تكون الارض أبعد ما يمكن عن الشمس وتبلغ المسافة بينهما ١٥٢ مليون كم ويقال فى هذا الوضع أن الارض فى نقطة الـAphelion (شكل ٦٦) .



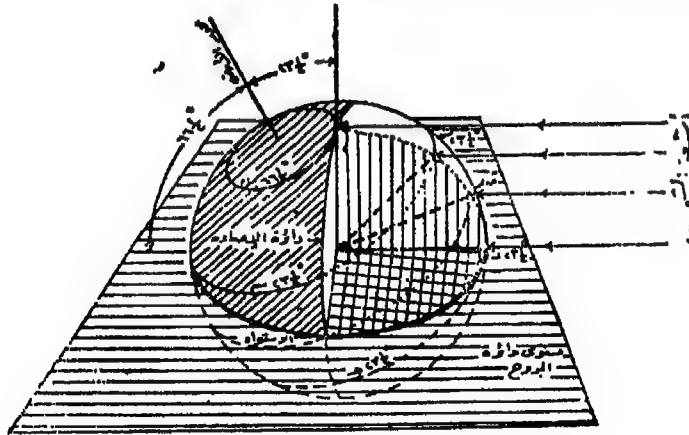
شكل رقم (٦٦)

ويترتب على اختلاف المسافة بين الشمس والارض اختلاف في كمية الطاقة التي تكتسبها الارض من الشمس ، ولكن ليس للاختلاف في المسافة أثر في حدوث فصل الصيف والشتاء . ويتضح ذلك من توافق رتبع الارض في الحضيض - أي قريبة من الشمس - مع ابرد أيام السنة في نصف الكرة الشمالي ، وكذلك فصل الصيف الجنوبي في نفس الوقت ، كما يجب أن يكون الصيف والشتاء في نصف الكرة الجنوبي أشد قسوة منهما في نصف الكرة الشمالي - مع ثبات العوامل الأخرى ، وهذا غير حقيقي . فالعامل الذي يتحكم في درجات الحرارة على سطح الارض خلال فصول السنة هو زاوية سقوط أشعة الشمس وليس المسافة التي تقطعها تلك الأشعة في الفضاء حتى تصل إلى الارض . وحزمة الأشعة التي تسقط عمودية على سطح الارض تعطى ضعف الطاقة على السنتيمتر المربع التي تعطيها حزمة الأشعة التي تسقط بزاوية قدرها ٣٠° .

وتبلغ متوسط سرعة دوران الارض في مدارها حول الشمس حوالي ١٠٧.٠٠٠ كم/الساعة في المتوسط . وتختلف السرعة باختلاف موقع الارض بالنسبة للشمس على طول مدارها ، اذ تسرع الارض وهي في الحضيض وتبطئ وهي في الاوج . ويبلغ طول مدار الارض حوالي ٩٦٠ مليون كم .

ميل محور الأرض :

• من المعروف أن معظم نماذج الكرات الأرضية التي تستخدم في الدراسات الجغرافية كوسيلة تعليمية ، قد صممت وصنعت بحيث تدور حول محورها القطبي ، وهذا المحور مثبت في وضع مائل بالنسبة للمستوى الأفقى . ويمثل المستوى الأفقى في هذه النماذج مستوى مدار الأرض حيث تقع الشمس في احدى بؤرتيه أو كما يسمى بمستوى دائرة البروج أو مستوى الكسوف والخسوف . وينتج عن تقاطع هذا المستوى الأفقى مع سطح الأرض دائرة عظمى لانه يمر بمركزها (شكل ٦٧) . وفى معظم نماذج الكرات الأرضية يرسم عليها هذه الدوائر 'العظمى' ، وهى تتقاطع مع دائرة الاستواء وتتماس مع دائرة عرض 23° ش ودائرة عرض 23° ج . ويلاحظ أن مستوى دائرة الاستواء تميل عن المستوى الأفقى - مستوى دائرة البروج - بزاوية قدرها 23° ، وعلى وجه الدقة فانها تساوى 27° - 23° تماما ، ولكن يمكن تجاهل هذا الفرق الضئيل فى الدراسات الجغرافية . ويصنع محور دوران الأرض حول نفسها زاوية قدرها 66° مع مستوى دائرة البروج ، وبمعنى آخر فإن المحور يميل عن الوضع الراسى العمودى على مستوى دائرة البروج بـ 23° . وتعد هذه الحقيقة - حقيقة ميل محور الأرض - من أهم العلاقات التى تربط بين الشمس والأرض .



شكل رقم (٦٧)

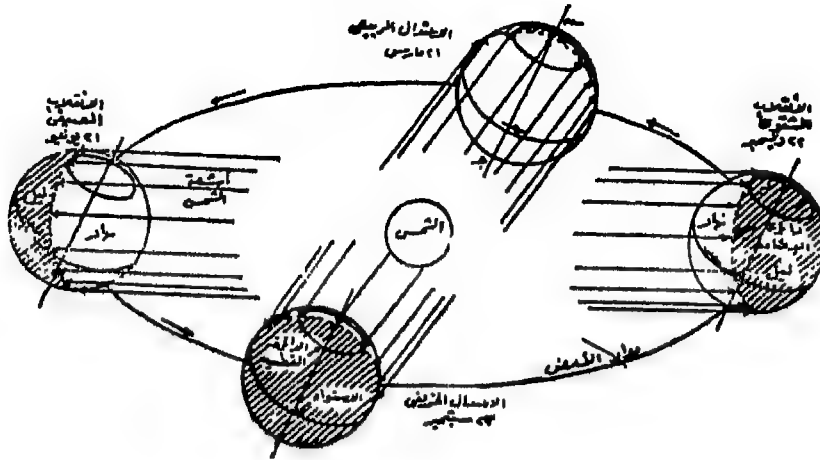
ويقطع امتداد محور دوران الأرض القبة السماوية في نقطتين هما القطب السماوي الشمالي ناحية القطب الأرضي الشمالي، والقطب السماوي الجنوبي ناحية القطب الأرضي الجنوبي . ويخيل لسكان الأرض - عند دوران الأرض حول الشمس - أن الأرض ثابتة وأن الشمس تدور حولها متنقلة بين مجموعات النجوم . ويسمى المسار الظاهري المستوي للشمس على القبة السماوية بدائرة البروج أو دائرة الكسوف والخسوف، لأن الكسوف يحدث إذا تصادف وجود القمر بين الشمس والأرض ويكون في مستوى الدائرة الكسوفية أو قريباً منها ، وكذلك لأن الخسوف يحدث إذا تصادف وجود الأرض بين الشمس والقمر . والدائرة الكسوفية لا توازي دائرة الاستواء السماوي ، ولكنها تميل بزاوية $27^{\circ} - 23^{\circ}$.

ويترتب على تقاطع الدائرة الكسوفية مع دائرة الاستواء السماوي في نقطتين مرور الشمس بالنقطة الأولى يوم ٢١ مارس من كل سنة وتسمى بنقطة الاعتدال الربيعي ، كما تسمى بالنقطة الأولى من الحمل لأنها بداية برج الحمل ، و مرور الشمس بالنقطة الثانية يوم ٢٣ سبتمبر وتسمى بنقطة الاعتدال الخريفي أو النقطة الأولى من الميزان .

الفصول الأربعة الانقلابين Solstice والاعتدالين Equinox :

تقع الأرض في مدارها في يوم ٢١ يونيو بحيث يتجه طرف محورها عند القطب الشمالي نحو الشمس بزاوية قدرها $23\frac{1}{2}^{\circ}$ ، وبذلك فإن نصف الكرة الشمالي يتجه نحو الشمس في حين يبتعد النصف الجنوبي عنها . ويطلق على هذا الوضع اسم الانقلاب الصيفي Summer solstice . أشهر أي في يوم ٢٢ ديسمبر تكون الأرض على الناحية المقابلة من المدار، ويتجه طرف محورها عند القطب الجنوبي نحو الشمس بزاوية $23\frac{1}{2}^{\circ}$. وعليه فإن نصف الكرة الجنوبي يتجه نحو الشمس ونصف الكرة الشمالي يبتعد عنها ، ويطلق على هذه الحالة اسم الانقلاب الشتوي Winter solstice . وفي منتصف المسافة بين الانقلابين تكون الأرض على المدار في موضع الاعتدالين ، وذلك عند نقطة تقاطع دائرة الكسوف والخسوف مع دائرة الاستواء السماوي كما ذكر من قبل حيث يصنع محور الأرض زاوية قدرها

٩٠ مع أشعة الشمس . ويقيم الاعتدال الربيعي في ٢١ مارس والاعتدال الخريفي في ٢٣ سبتمبر (شكل ٦٨) . وحيث أن ظروف نصف الأرض في الانقلابين على طرفي نقيض وفي الاعتدالين متطابقين ، لذا فإنه سوف يناقش كل انقلاب على حدة وبذاقشر الاعتدالين معا .



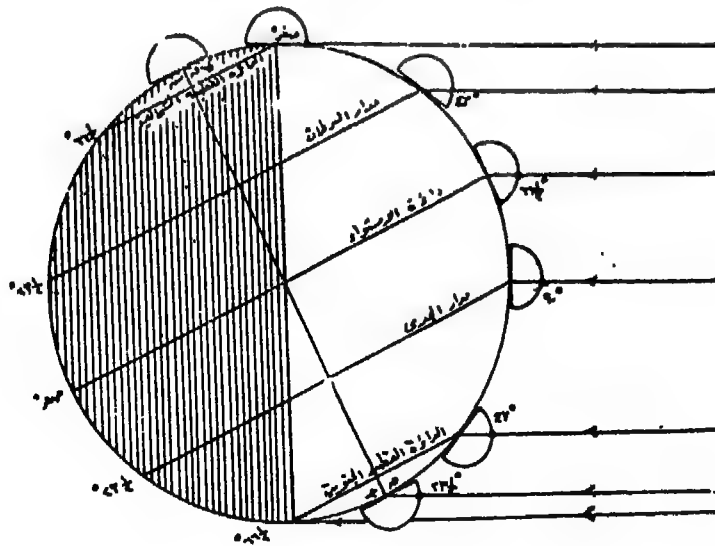
شكل رقم (٦٨)

الانقلاب الشتوي Winter Solstice :

بحل فصل الصيف الجنوبي عند تعامد الشمس على مدار الجدي وقت زوال ٢٢ ديسمبر ، وفي نفس الوقت يحل فصل الشتاء في النصف الشمالي للأرض . ويبين (شكل ٦٩) زوايا سقوط أشعة الشمس على دوائر العرض الرئيسية على سطح الأرض كما يبين الدائرة العظمى التي تنصف الأرض الى نصف مضيء ونصف مظلم والتي تسمى بدائرة الاضاءة كما ذكرنا من قبل . ويلاحظ أن دائرة الاضاءة هذه تقسم دوائر العرض الى قسمين غير متساويين ماعدا دائرة الاستواء ، كما تمس الدائرة القطبية الشمالية (٦٦°ش) والدائرة القطبية الجنوبية (٦٦°ج) كما يبين الشكل الحقائق التالية :

١) الليل أطول من النهار في نصف الأرض الشمالي

- (ب) النهار أطول من الليل فى نصف الارض الجنوبى •
- (ج) يتزايد عدم التساوى بين الليل والنهار بالاتجاه من الاستواء ناحية القطبين •
- (د) تتساوى النسبة بين طول الليل والنهار على سطح الارض ، ولكن بصورة عكسية فى نصفها •
- (هـ) يبلغ طول الليل فى المنطقة بين الدائرة القطبية الشمالية والقطب الشمالى ٢٤ ساعة لوقوعها فى النصف المظلم ولا تصلها أشعة الشمس عند دوران الارض ، فالشمس فى ذلك الوقت تحت الافق •
- (و) يبلغ طول النهار فى المنطقة بين الدائرة القطبية الجنوبية والقطب الجنوبى ٢٤ ساعة لوقوعها فى النصف المضاء ولا تدخل فى النصف المظلم عند دوران الارض ، فالشمس عند خط الافق فى منتصف الليل وترتفع بالتدريج حتى زاوية ارتفاع ٢٣° عند وقت الزوال ثم تنخفض بالتدريج حتى تنطبق على خط الافق فى منتصف الليل التالى •



شكل رقم (٦٩)

روايا ارتفاع الشمس وقت الزوال فى الانقلاب الشتوى :

تختلف زوايا ارتفاع الشمس عن مستوى الافق وقت الزوال على دوائر العرض المختلفة فى هذا الفصل • ويبين (شكل ٦٩) قيم هذه الزوايا عند دوائر العرض الرئيسية • وعلى الرغم من أن سطح الأرض منحنى إلا أن مستوى الافق بالنسبة للراصد عبارة عن مستوى أفق • كما يمس الأرض عند موقع الراصد ، ويبدو على شكل دائرة مركزها موقع الراصد • ومن (شكل ٦٩) تتضح الحقائق التالية •

أ () تتعامد الشمس وقت الزوال على دائرة العرض $٢٣\frac{1}{2}^\circ$ ج (مدار الجدى) وتصبح فى سمت الراصد ، وبمعنى آخر أن زاوية ارتفاع الشمس عن مستوى الافق بالنسبة للراصد فى هذه اللحظة = ٩٠° • وتعتبر دائرة العرض $٢٣\frac{1}{2}^\circ$ ج آخر دائرة تتعامد عليها أشعة الشمس فى النصف الجنوبى للأرض ، إذ لا تتعامد على أى دائرة عرضية جنوبية تقع وراءها فى أى وقت من أوقات السنة •

ب () ترتفع الشمس عن مستوى أفق الراصد عند دائرة الاستواء وقت الزوال بزاوية قدرها $٦٦\frac{1}{2}^\circ$ وهى الفرق بين ٩٠° ، و $٢٣\frac{1}{2}^\circ$ •

ج () تكون الشمس فى مستوى أفق الراصد عند الدائرة القطبية الشمالية وقت الزوال •

د () ترتفع الشمس عن مستوى أفق الراصد عند الدائرة القطبية الجنوبية وقت الزوال بزاوية قدرها ٤٧° •

هـ () ترتفع الشمس عن مستوى أفق الراصد عند القطب الجنوبى بزاوية قدرها $٢٣\frac{1}{2}^\circ$ •

وكقاعدة عامة يمكن معرفة زاوية ارتفاع الشمس وقت الزوال عند أى دائرة عرض بالقانون التالى :

زاوية ارتفاع الشمس عن مستوى الافق = ٩٠° - الفرق بين عرض الراصد وعرض تعامد الشمس •

ويمكن معرفة عرض تعامد الشمس من نموذج الاناليميا الذى سبقت
الاشارة اليه .

خط سير الشمس فى الانقلاب الشتوى :

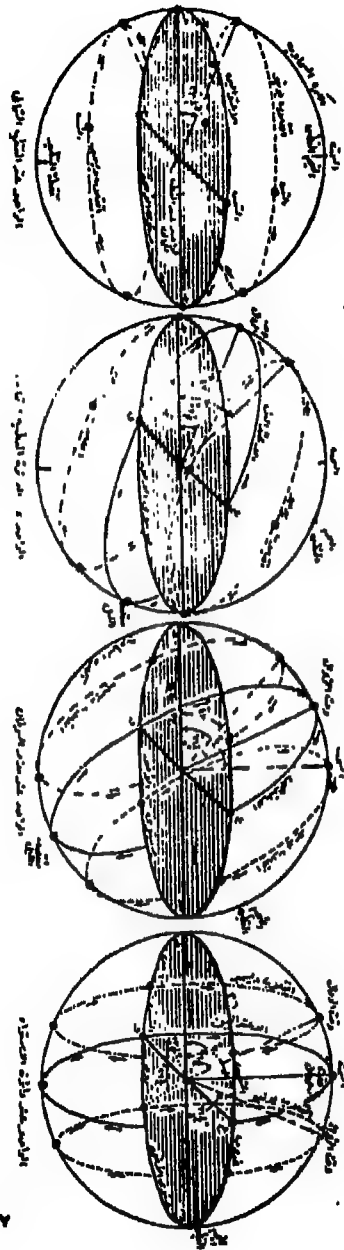
تظهر السماء للراصد على شكل كرة مجوفة مركزها الارض ، ويسمى
سطحها الداخلى الذى تتحرك عليه الشمس والكواكب والمجموعات النجمية
بالقبة السماوية . وتشرق الشمس من الشرق ثم ترتفع تدريجيا حتى تصل
الى أعلى نقطة فى مسارها ثم تنحدر تدريجيا الى أسفل وتغرب فى الغرب ،
وتواصل هبوطها التدريجى حتى تصل الى أدنى نقطة - وهى تمثل نقطة
النظير لأعلى نقطة - فى مسارها ثم ترتفع تدريجيا حتى تشرق من جديد .
ويسمى خط سير الشمس هذا بمسار الشمس Path of sun . ويصنع هذا
المسار مستوى دائرة يتقاطع مع مستوى الافق فى نقطتين هما : الشرق
والغرب . وفى الاعتدالين يكون مستوى دائرة مسار الشمس على شكل دائرة
عظمى أما باقى السنة فان مستوى المسار على شكل دائرى صغرى . ويبين
(شكل ٧٠) خط سير الشمس عند دوائر العرض الرئيسية . ويمكن تحديد
مقدار زاوية تقاطع مستوى الافق مع مستوى مسار الشمس عند دائرة عرض
ما فى أى وقت من السنة بالقانون التالى :

$$\text{زاوية مسار الشمس} = ٩٠^\circ - \text{عرض المكان} .$$

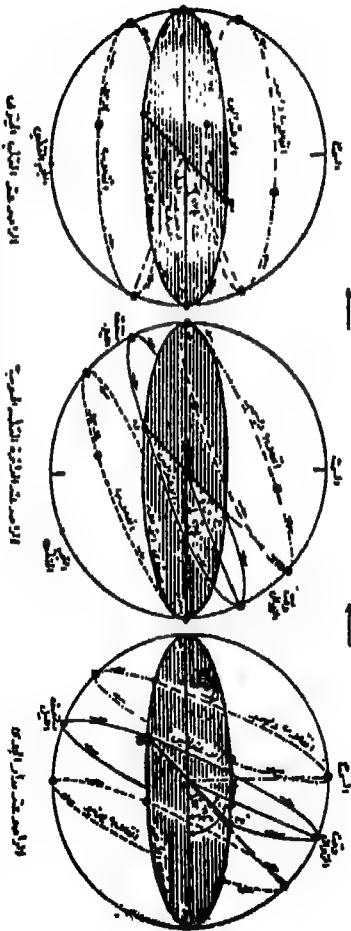
ويمكن تبين صحة هذه القاعدة من ملاحظة زاوية المسار عند الاستواء
أثناء الاعتدالين الذى يظهر بشكل متعامد على مستوى الافق (٩٠° - صفر'
= ٩٠°) . وكذلك يلاحظ عند القطبين الشمالى والجنوبى أن مستوى مسار
الشمس موازيا لمستوى الافق أى أن زاوية المسار = صفر' (٩٠° - ٩٠° =
= صفر') .

الانقلاب الصيفى Summer Solstice :

يحل فصل الصيف الشمالى عند تعامد الشمس على مدار السرطان وقت
زوال ٢١ يونية ، ويتجه نصف الارض الشمالى نحو الشمس . وبدلا من
انشاء رسم توضيحى جديد يبين العلاقة بين أشعة الشمس والارض على



خط سطح الشمس في
محيطها الاثني عشر دوائر
التي هي البروج في الارض
والاكتاف



شكل رقم (٧٠)

دوائر العرض الرئيسية ، فإنه يمكن استخدام شكل رقم ٦٩ مع اجراء التغييرات التالية : القطب الشمالى مكان القطب الجنوبى ، مدار الجدى مكان مدار السرطان ، الدائرة القطبية الشمالية مكان الدائرة القطبية الجنوبية . وكذلك بدلا من تكرار ما سبق التكلم عنه : دائرة الاضاءة ، طول الليل والنهار ، زوايا ارتفاع الشمس عن مستوى الافق على دوائر العرض المختلفة ، فإنه يمكن قراءة ما سبق مع اجراء التغييرات اللازمة الناجمة عن عكس الاوضاع للانقلاب الشتوى فمثلا زوايا ارتفاع الشمس عن مستوى الافق وقت الزوال على دوائر العرض سوف تختلف قيمها بمقدار ٤٧° عما كانت عليه فى الانقلاب الشتوى (٢٣½ الجدى + ٢٣½ السرطان) .

الاعتدالين The equinoxes :

يحدث الاعتدال الربيعى والاعتدال الخريفى يومى ٢١ مارس ، ٢٣ سبتمبر ، وذلك عندما تتعامد أشعة الشمس على دائرة الاستواء . وفى ذلك الوقت فإن دائرة الاضاءة تمر بنقطتى القطب الشمالى والقطب الجنوبى كما أنها تنصف دوائر العرض المختلفة الى قسمين متساويين وبالتالي فإن طول النهار يتساوى مع طول الليل . وتشرق الشمس فى السادسة صباحا وتغرب فى السادسة مساء على كل الاماكن على سطح الارض - حسب التوقيت المحلى للمكان .

تتوزع السنة المدارية ٣٦٥½ يوم على الفصول الاربعة على النحو التالى :

ربيع : ٩٢ يوم + ٢٢ ساعة
صيف : ٩٣ يوم + ١٤ ساعة
خريف : ٨٩ يوم + ١٧ ساعة
شتاء : ٨٩ يوم + ١ ساعة

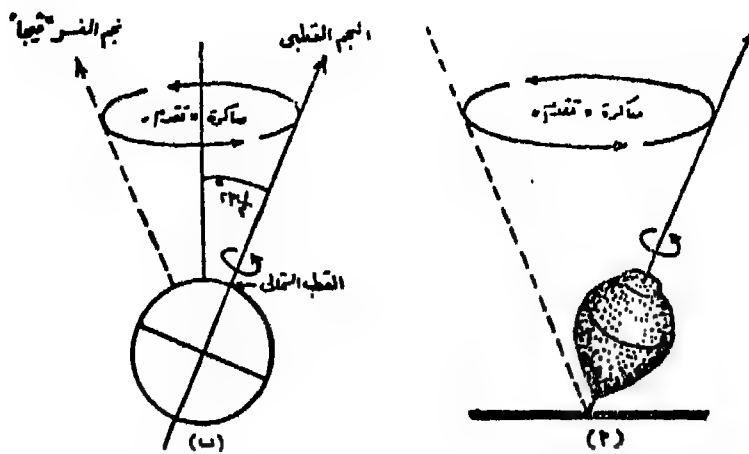
الحركات الأخرى للأرض

كما أن حركة مسار الأرض حول الشمس حركة متعرجة ، كذلك حركة دورانها حول محورها ليست منتظمة تماما ، ويرجع عدم الانتظام الى قوة جذب القمر . فالقمر يسبب ظاهرة المد والجزر ، وينجم عن وزن كتلة ماء

المد عدم نوازن بسيط فى دوران الارض حول محورها .

وهناك حركة اخرى ترجع الى تاثير قوة جذب القمر على الانبعاج الاستوائى للارض، وذلك عندما يمر القمر مرة الى شمال الدائرة الاستوائية واخرى جنوبها اثناء دورانه حولها . ويتسبب عن هذه القوة ترنح الارض . وتشبه هذه الحركة الترنحية حركة النحلة (الدوامة) التى تدور حول نفسها (شكل ٧١) . وينتج عن هذه الحركة ان كل من القطب الشمالى والقطب الجنوبى يرسمان فى الفضاء قاعدة مخروط يلتقيان عند مركز الارض، وهذا يعنى تغير النجم الدال على الشمال الجغرافى . وتستغرق هذه الحركة ٢٥٨٠٠ سنة لكى يتم محور الارض دورة كاملة . فمنذ نحو ٥٠٠٠ سنة وجد 'كهنة' 'المصريون' الذين كانوا 'يشغلون' 'بالفلك' ، 'النجم' الذى يقع 'قرب' ما يكون الى الشمال هو 'الفا' 'التنين' ، وليس النجم الذى يقع فى ذيل 'مجموعة' 'الدب' 'الاصغر' 'ال' النجم 'القطبى' او 'الفا' 'يورسا' 'مينورس' الذى يعتبر الان 'نجم' 'شمال' . وفى الوقت الحاضر تعمل 'الحركة' 'المحورية' 'للارض' 'ببطء' على 'اقتراب' 'القطب' 'الشمالى' 'الجغرافى' 'اكثر' 'واكثر' 'من' 'النجم' 'القطبى' . ولكن فى عام ٢١٠٠ سوف يبدأ 'القطب' فى 'الانحراف' 'عن' 'النجم' 'القطبى' 'ومجموعة' 'الدب' 'الاصغر' 'حتى' 'يصبح' 'نجم' 'شمال' 'الجديد' فى عام ١٤٠٠ هو 'النسر' 'أوفيجا' . وفى عام ٢٨٠٠ يأخذ 'النجم' 'القطبى' 'دوره' 'من' 'جديد' 'ليصبح' 'نجم' 'الشمال' .

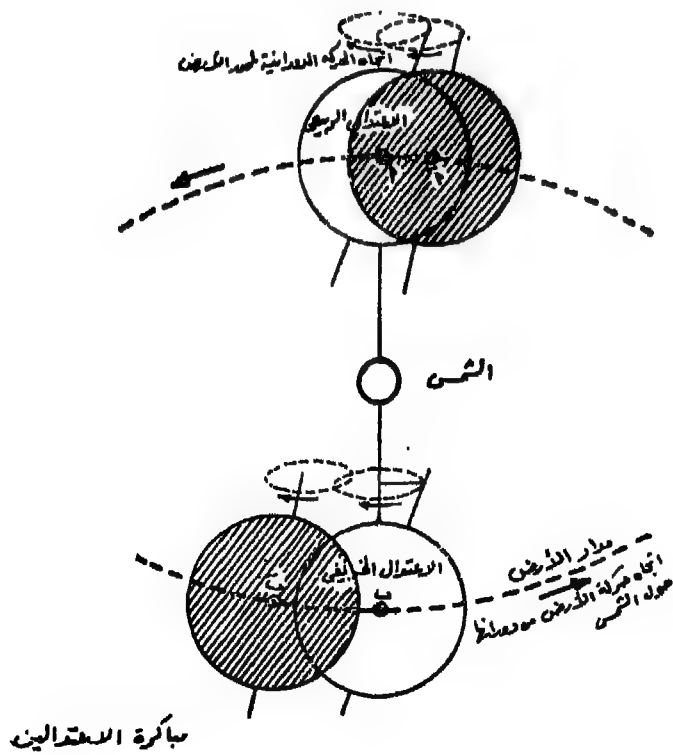
وينشأ عن ترنح محور الارض أن الارض تكمل رحلتها السنوية حول الشمس بحيث تصل الى نقطة الاعتدال الربيعى أبعد قليلا نحو الشرق بنحو ٥٠ ثانية قوسية كل عام . وتعرف هذه الظاهرة بمباكرة الاعتدالين أو تقدمهما . وفى (شكل ٧٢) يتحرك محور الارض حركة مخروطية تشبه حركة الدوامة كما ذكرنا من قبل ، وينتج عن ذلك أن محور الارض يصل الى الوضع الذى يكون فيه عموديا على أشعة الشمس قبل الموعد المحدد بقليل «أ» . ولذلك يحدث الاعتدال الخريفى (ب) قبل مواعده المفروض (ب) ، وكذلك الحال فى الاعتدال الربيعى أ ، وتعاذل قيمة تقدم



الميل = الميل
الميل = الميل
الميل = الميل
الميل = الميل

الميل = الميل
الميل = الميل
الميل = الميل
الميل = الميل

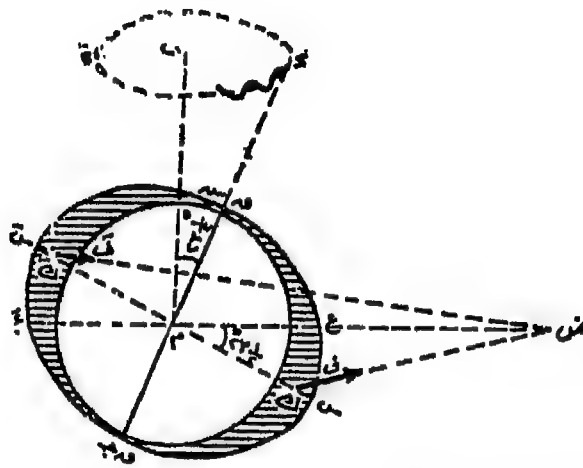
شكل رقم (٧١)



شكل رقم (٧٢)

الاعتدالين في السنة الواحدة $\frac{1}{365.25}$ من البدائرة (٥٠ ثانية قوسية) وهي قيمة ضئيلة ، ولكن تتضح آثارها مع امتداد الفترة الزمنية اذ يقع الاعتدال الخريفي في شهر يناير بدلا من أواخر شهر سبتمبر . ويوضح (شكل ٧٣) اثر قوة الجذب على مابكرة الاعتدالين .

وبالاضافة الى حركة الارض حول نفسها وحول الشمس ، فانها كعضو في المجموعة الشمسية تتبع الشمس في حركتها وهي تجرى بسرعة ١٩٣٢ كم في الثانية ضمن رحلتها الذاتية عبر مجموعات النجوم القريبة في الاتجاه العام لكوكة الجاني . كما تتبع الارض الشمس في حركتها الدورانية حول



آثار جاذبية الشمس على مابكرة الاعتدالين :

- مركز الشمس
- دائرة الاستواء
- دائرة الكسوف
- محور دائرة الاستواء
- محور دائرة الكسوف
- محور الدوران
- محور الشمس
- محور الأرض
- محور القمر
- محور الكوكب
- محور المجموعة الشمسية
- محور المجرة

شكل رقم (٧٣)

مركز المجرة وهى تسير بمعدل سرعة قدره ٢٤٠ كم فى الثانية تجاه كوكبة الدجاجة أو صليب الشمال . وتتم الشمس وكواكبها دورة كاملة حول مركز المجرة فى مدة قدرها ٢٠٠ مليون سنة . وكما تشترك الارض مع الكواكب الاخرى فى دورانها حول الشمس ، وفى دوران الشمس حول مركز المجرة ، فانها تشترك فى حركة المجرة نفسها بالنسبة لآلاف الملايين من المجرات الاخرى الموجودة فى الكون . فمجرتنا تتحرك ولاشك ، ولكن لم نستطع حتى الآن معرفة أين تتجه وما هى سرعة دورانها .

الفصل السادس

حركة الارض وعلاقتها بحركة القمر

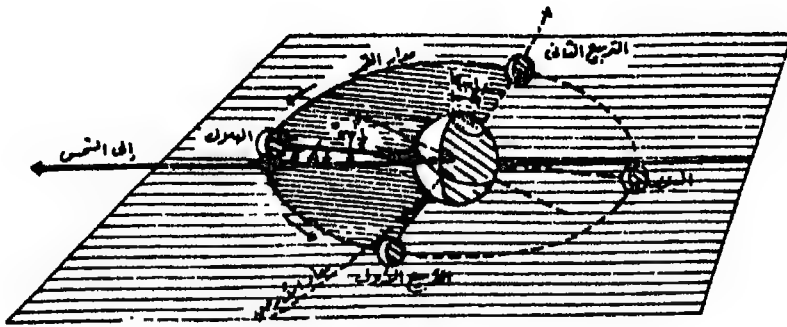
للارض تابع واحد هو القمر الذى يصاحبها فى رحلتها السنوية حول الشمس . وتقدر المسافة المتوسطة بين الارض والقمر بـ ٣٨٤٠٠٠ كم . ويدور القمر حول الارض فى مدار على شكل قطع ناقص تحتل الارض احدى نؤرتيه ، ولذلك فن المسافة بينهما غير ثابتة . ويكزن القمر قريب من الارض فى موضع الحضيض القمري Perigee مبتعدا عنها بمسافة ٣٥٦٠٠٠ كم ، وفى موضع الاوج القمري Apogee مبتعدا عنها بمسافة ٤٠٧٠٠٠ كم . ومدار القمر لا يتبع دائرة البروج ، ولو حدث ان انطبق مدار القمر على دائرة البروج (مدار الارض) فى كل نقطة اى صار على خط واحد من الشمس والارض لحدث خسوف القمر بانتظام مرة كل شهر عندما يكون بدرا ، ولحدث كسوف الشمس بانتظام مرة كل شهر عندما يكون محاقا . ولكن مستوى مدار القمر يميل قليلا على مستوى مدار الارض (دائرة البروج) بمقدار ٥° ٠٩' (شكل ٧٤) ولذا فان الخسوف لا يحدث الا عندما يكون القمر وظل الارض قريبين من نقطة تقاطع مدار الارض ومدار القمر . ويدور القمر حول الارض بسرعة ٣٦٨٠ كم/الساعة .

ولقد اوضحت الصور الفضائية للقمر اننا نرى ٥٩% فقط من مساحة سطحه ، وهذا يعنى ان القمر يواجه الارض بوجه واحد طول الوقت . ومتوسط مدة دور القمر بالنسبة للنجوم الثابتة ٢٧٫٣٢١٦٦ يوما أى

ثانية	دقيقة	ساعة	يوم
١١٦٦	٤٣	٧	٢٧

وتسمى بالدورة النجمية أو الشهر النجمي للقمر ، ويختلف من دورة لأخرى اختلافا يسيرا .

أما دورة القمر بالنسبة للشمس وهى الأكثر أهمية بالنسبة الينا لارتباطها بأوجه القمر المختلفة وتسمى بالشهر القمري فهى أطول من الدورة النجمية



شكل رقم (٧٤)

بسبب تحرك الشمس نفسها وسط النجوم حركة ظاهرية منشؤها تحرك الأرض حول الشمس مرة في السنة . ومتوسط طول الشهر القمري

ثانية	دقيقة	ساعة	يوم
٢٨٧	٤٤	١٢	٢٩

ويختلف طول هذا الشهر قليلا بسبب تأثير الجاذبية من الكواكب السيارة القريبة من مداري الأرض والقمر .

أوجه القمر :

يستمد كل من القمر والأرض الضوء من أشعة الشمس الساقطة عليهما . وكما تضيء أشعة الشمس النصف المواجه لها من سطح الأرض ، فإنها تضيء نصف مساحة سطح القمر المواجه لها . ولا يرى الراصد على سطح الأرض كل النصف المضيء للقمر - أثناء دورته الشهرية حول الأرض - إلا عندما يكون في الاتجاه المقابل للشمس ، وعندئذ يكون القمر بدرا . وعندما يكون القمر والشمس في نفس الاتجاه أى يكونا في وضع الاجتماع يكون القمر في المحاق . وفيما بين هذين يختلف مقدار الجزء المضيء الذي يمكن رؤيته باختلاف الفرق بين موقع القمر وموقع الشمس في السماء . وتسمى هذه الظاهرة بأوجه القمر التي ترتبط بالشهر القمري (شكل ٧٥) .

عندما يكون القمر في وضع الاجتماع مع الشمس أى يكونا في اتجاه واحد بالنسبة للأرض ، يواجه القمر الأرض بنصفه المظلم الذي يبدو في المناظر ب ضوء خافت جدا لانعكاس ضوء الأرض عليه . ويسمى القمر في

هذا الدور بالمحاق New moon . وفى هذا الدور يشرق كل من القمر والشمس على الارض فى وقت واحد ويتحركان معا عبر السماء ، ولذا فان اشعة الشمس الساطعة تعوق رؤيته تماما . ولكن يتحرك القمر حركة بطيئة عبر السماء فيتخلف عن الشمس بمعدل ١٢' كل ٢٤ ساعة .

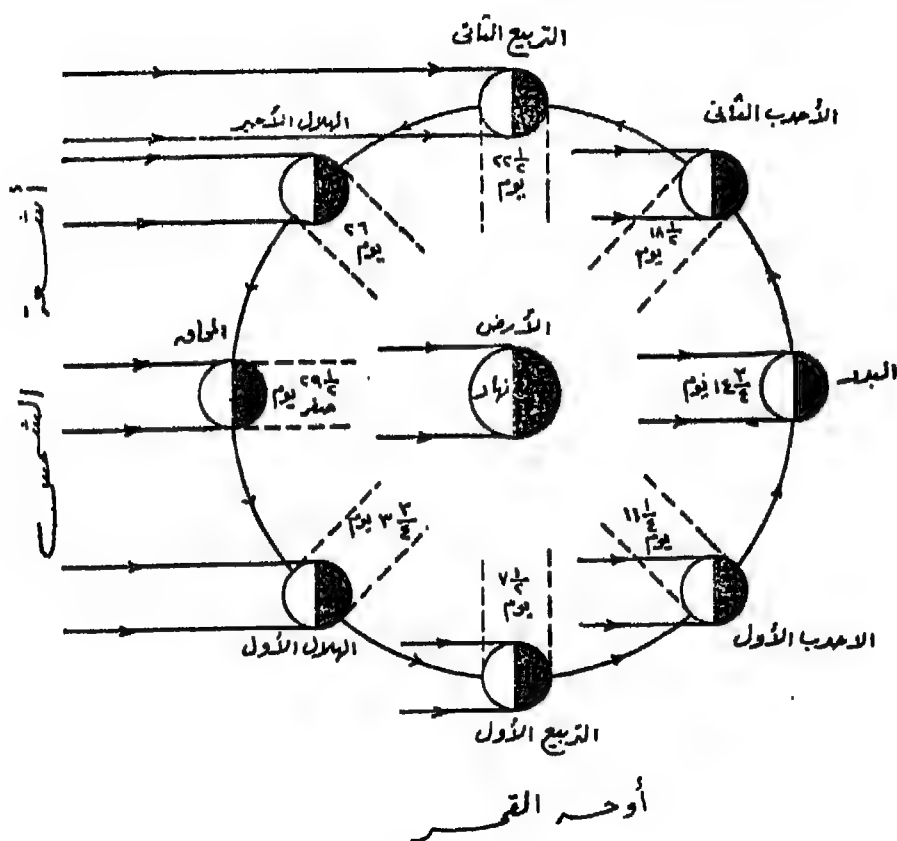
وبعد $3\frac{1}{2}$ يوم يكون القمر قد قطع $\frac{1}{8}$ طول مداره حول الارض، وعندئذ يمكن رؤية مساحة ضئيلة من نصفه المضيء على شكل خيط هلالى رفيع يشير طرفاه الى الشمس . ويسمى هذا الوجه بالهلال Crescent moon . وفى خلال الـ $3\frac{1}{2}$ يوم التالية يبتعد القمر عن الشمس بحوالى ٤٥' ويشرق فى النفق الشرقى فى اللحظة التى تكون فيها الشمس فى منتصف المسافة بين الشرق ونقطة الزوال . ويتبع الهلال فى حركته مسار لشمس من الشرق الى الغرب ، ولكنه يظهر لفترة عند الافق الغربى بعد غروب الشمس .

وبعد حوالى $7\frac{1}{2}$ يوم يصبح القمر فى دور التربيع الاول First quarter حيث يظهر منه نصفه المضيء . ويشرق القمر من الافق الشرقى عندما تكون الشمس فى نقطة الزوال ويصبح القمر فى أعلى نقطة من قوس مساره فى السماء عند غروب الشمس ، ولذلك فانه يغرب فى منتصف الليل .

وبعد $11\frac{1}{2}$ يوم يكون القمر قد قطع $\frac{3}{8}$ مداره حول الارض فيظهر $\frac{3}{8}$ نصفه المضيء ، ويسمى فى هذه الحالة بالاحدب Gibbous moon ويشرق القمر من الافق الشرقى عندما تكون الشمس فى منتصف المسافة بين نقطة الزوال والافق الغربى .

عندما تقع الارض بين الشمس والقمر ويكون القمر فى مقابل الشمس أى فى وضع الاستقبال فان القمر يواجه الارض بنصفه المضيء كاملا ، وذلك بعد مضي $14\frac{1}{2}$ يوم من بداية الشهر القمري ، ويعرف هذا الوجه بالبدر Full moon . ويشرق القمر عندما تغرب الشمس ويغرب عند شروقها ويكون فى أقصى ارتفاع له فى السماء فى منتصف الليل . ويلاحظ أن ضوء البدر أكثر سطوعا فى فصل الشتاء عنه فى فصل الصيف ، ذلك لان مدار القمر خلال هذا الفصل يكون أكثر ارتفاعا بالنسبة لمدار الارض ، وتسقط أشعته عمودية على مدار السرطان فى أواخر ديسمبر .

أما بالنسبة لباقي أوجه القمر ، فبعد دور البدر باتى دور الاحدب الثانى ثم التربيع الثانى ثم الهلال الاخير . وبعد انقضاء ٢٦ يوما من الشهر القمري تصبح الزاوية بين الشمس والارض والقمر والتي رأسها الارض اقل من 45° ، ويصبح القمر حينئذ فى مجال ضوء الشمس المبهر ولذا لا يمكن رؤية تناقص مساحة الهلال الاخير . وفى اليوم التاسع والعشرون يجتمع القمر مع الشمس على خط واحد تقريبا وفى جهة واحدة بالنسبة للارض وينقضى الشهر القمري ويبدأ شهر قمري جديد ، ويتوالى ظهور القمر بأوجهه المختلفة مرة أخرى وهكذا .



شكل رقم (٧٥)

. وقد قسم الفلكيون القدماء النجوم التي تقع حول مدار القمر الى ثمانية وعشرين مجموعة تسمى منازل القمر ، وقد كانوا ينسبون الى تلك المنازل

مواقع الكواكب والشمس والنجوم قبل ان تتقدم وسائل الرصد حاليا، وفيما يلى أسماء منازل القمر :

السرطان - البطين - الثريا - الدبران - الهتعة - الذراع - المبسوطة -
النثرة - الطرف - جبهة الاسد - الزبره - الصرغه - العوا - السمك -
الاعزل - الغفر - الزبائن - الاكليل - قلب العقرب - الشولة - الوصل -
البلدة - سعد الذابح - سعد بلع - سعد السعود - سعد الاجنيه - الفرغ
الاول - الفرغ الثانى - الرشا .

المد والجزر

المد والجزر ظاهرة طبيعية ، وهى عبارة عن ارتفاع مستوى سطح البحر ثم انخفاضه فى حركة بطيئة دورية منتظمة . ويتضح عند مراقبة سير هذه الحركة انها تتبع فى ظاهرها حركة القمر ، اذ أن ارتفاع مستوى سطح الماء يحدث مرتين فى اليوم تقريبا قبل او بعد عبورى القمر بزمين يكاد يكون ثابتا .

ويرتفع الماء فى معظم بحار العالم فوق المتوسط بمقدار ما ينخفض ، أى أن متوسط منسوب سطح البحر هو الوسط بين ارتفاعه فى المد وانخفاضه فى الجزر . ويسمى الفرق بين منسوبى المياه فى المد والجزر بالمدى . ويختلف المدى باختلاف الموقع الجغرافى وشكل الساحل واتجاه التيارات البحرية وقوة الرياح واتجاهها واختلاف أيام الشهر القمري . فالمدى فى خليج فندي Fundy بكندا قد يبلغ ٣٠ م ، وفى ليفربول يزيد عن ٩ م . وبصبح للمدى بهذا القدر تأثير كبير على الملاحة وانشاء الموانى . أما فى البحر المتوسط فلا يزيد المدى عن ٦٠ سم . ويختلف المدى على الشواطىء المصرية ، فتلك الواقعة على البحر المتوسط عند الاسكندرية حوالى ٦٠ سم ، وعند رشيد ودمياط ٤٠ سم . أما فى البحر الاحمر فأكبر مدى للمد والجزر يوجد عند رأس خليج السويس اذ يزيد عن ٢ م فى بور توفيق .

ويحدث المد والجزر - بالإضافة الى رفع وخفض مستوى سطح البحر - تيارات تسير وقت المد فى اتجاه معين وتعود عند الجزر فى اتجاه آخر قد

يكون عكسياً. وقد تشدد تلك التيارات وتصبح خطيرة على الملاحة فى مداخل الموانىء . وفى ليفربول تسير تيارات المد بسرعة تزيد أحيانا عن ١٣ كم/ الساعة ، وعند مصب بعض الأنهار كنهر كانتون فى الصين تندفع تيارات المد صاعدة النهر على شكل حائط من المياه ، وتعود فى الجزر على شكل شلال عنيف . كما تزيد سرعة تيارات المد عند المضائق ، فعند مضيق جوبال عند مدخل خليج السويس تندفع مياه المد بسرعة ٤ كم/الساعة .

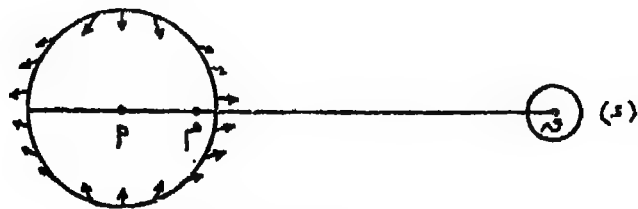
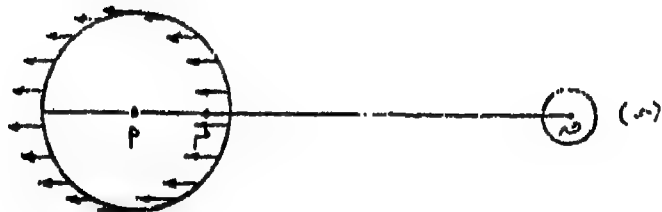
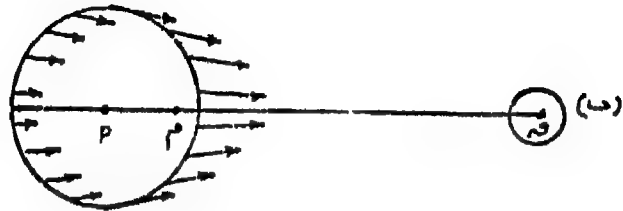
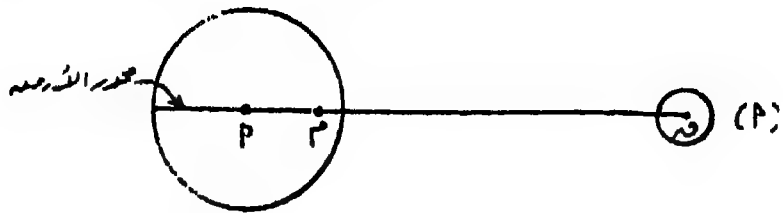
النظرية العامة للمد :

أول من كتب عن ظاهرة المد والجزر الجغرافى السكندرى سترابون ، إذ نقل عن بوسيدونيوس فصلا عن المد فى شواطئ المحيط الاطلسى وارتباط حركة الماء بدورة القمر . وفى عام ١٨٦٧ حقق اسحق نيوتن فى كتابه «المبادئ الاولى Principia» ظاهرة المد والجزر تحقيقا علميا واستدل منها على صحة قوانينه فى الجاذبية العامة . وقد صاغ لهذه الظاهرة نظرية تعرف بنظرية تعادل القوى ، لاتزال حتى الوقت الحاضر يعمل بها كقاعدة . وبالرغم من اضافات اينشتين الا أنها مازالت هى الاقرب الى الفهم والاسهل فى التطبيق .

ينص قانون الجاذبية لنيوتن على أن كل جسم فى الكون يجذب كل جسم آخر بقوة تعمل فى الخط المستقيم الذى يصل بين مركزي الجسمين ، وتتناسب هذه القوة طرديا مع حاصل ضرب كتلتيهما وعكسيا مع مربع المسافة بينهما .

ولتطبيق هذا القانون على نظرية تعادل القوى الخاصة بالمد والجزر ، نفترض أن الارض يحوطها الماء على شكل غلاف بسمك واحد ، وأن هذا الماء لا عزم له ولا قوام وفى مقدوره أن يتخذ فى الحال الشكل الذى تفرضه تعادل القوى المؤثرة عليه . وأن القمر والارض هما الجسمان الوحيدان فى الكون – حتى لانضع فى الاعتبار تأثير الاجسام الكونية الاخرى – وأنهما يجذبان بعضهما البعض بقوة تعمل فى اتجاه المستقيم (ق ١) الواصل بين مركزيهما باعتبار أن (ق) مركز القمر ، (أ) مركز الارض (شكل ٧٦) . ولما كان القمر والارض لا يندفعان الى بعضهما تحت تأثير قوة الجذب بل

محافظان على المسافة على بينهما ، اذن يجب ان تكون هناك قوة أخرى
تؤثر على كتلتيهما لتعادل قوى الجذب . وهذه القوة هي القوة الطاردة
المركزية الناجمة عن دوران كل من القمر والارض حول مركز ثقلهما المشترك



شكل رقم (٧٦)

وهو النقطة (م) التى لا تبعد كثيرا عن مركز الارض لكبر كتلة الارض بالنسبة لكتلة القمر . وقد ذكرنا من قبل أن مركز الثقل هذا يبعد عن مركز الارض بحوالى ٤٨٠٠ كم .

وتتوزع قوة جذب القمر على كل ذرة فى الارض ، ولكن مقدار قوة الجذب فى نصف الارض المواجه للقمر اكبر من مقدار قوة الجذب فى النصف البعيد (شكل ٧٦ ب) . وكذلك فان القوة الطاردة المركزية تعمل فى اتجاه عكسى لقوة الجذب أى نحو الخارج بعيدا عن القمر ، وهى متساوية المقدار تقريبا لقرب مركز الارض من مركز الثقل المشترك بينها وبين القمر (شكل ٧٦ ج) . وبتطبيق الشكلىين ٧٦ ب ، ٧٦ ج ينتج لنا الشكل ٧٦ د الذى يبين توزيع محصلات القوتين - 'الجذب' و'الطاردة المركزية' - على سطح الارض . وبداهة فان المجموع الكلى لهذه القوى يساوى صفرا ، لان قوة الجذب تعادل القوة الطاردة المركزية . أى ان نصف الارض المواجه للقمر يعادل فى قواه النصف الآخر المقابل .

ولكن هذه القوى وان كانت فى مجموعها الكلى متعادلة الا انها عند سطح الارض غير متعادلة محليا ، ولذلك فهى تسبب ارتفاع الماء أو انخفاضه أو ما يسمى بالمد والجزر ، فيتخذ الغلاف المائى حول الارض شكل كرة منبعجة محورها الاكبر فى اتجاه القمر والاصغر فى الاتجاه العمودى عليه .

المد القمري :

يسمى المد طبقا للفرض السابق بالمد القمري لان سببه القمر . ويتضح مما تقدم أن للقمر على الارض مدان فى وقت واحد ، أحدهما فى النصف من الارض المواجه له ويسمى بمد القمر الاعلى لانه يحدث بالنسبة لهذا النصف من الارض عند عبور القمر الاعلى ، والثانى فى النصف الاخر من الارض ويسمى بمد القمر الاسفل ويحدث هناك عند عبور القمر الاسفل .

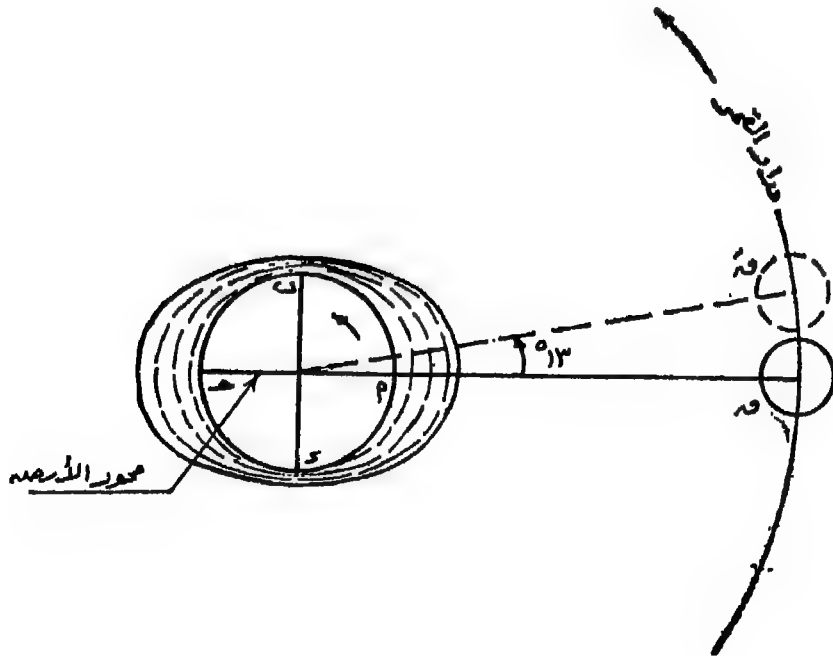
الفترة الزمنية بين المدود (اليوم المدى) :

تدور الارض حول محورها من الغرب الى الشرق مرة كل ٢٤ ساعة . واذا فرضنا أن القمر يقع فى مستوى استواء الارض (شكل ٧٧) فان الماء

سوف نأخذ تحت تأثير جاذبية القمر شكل الكرة المنبجعة . ويقبل الراصد
عد النقطة (أ) مد' على القمر ثم بانتقاله مع الأرض الى النقطة (ب) يجد
هناك جزر' ثم يقابل المد الأسفل عند النقطة (ج) وشاهد جزرا عند
النقطة (د) حتى اذا عد الى النقطة (أ) يكون قد أكمل دورة كاملة حول
الأرض ومضى عليه ٢٤ ساعة . ولكن نتيجة لدوران القمر حول الأرض يكون
فى هذه الأربعة وعشرين ساعة قد انتقل من مكانه الأول (ق) الى (ق')
بمقدار ١٣ تقريبا أى أن عبور القمر على مكان ما من الأرض يتأخر بمقدار
٥٠ دقيقة كل ٢٤ ساعة . ولذلك فإن الراصد عند النقطة (أ) عند عودته
بعد ٢٤ ساعة لا يجد القمر فى نقطة عبوره بل عليه أن يستوفى ٥٠ دقيقة
أخرى ليصير عند عبور القمر الأعلى حتى يجد هناك المد الأعلى للقمر .
ولهذا فإن الفترة الزمنية بين المد الأعلى والمد الأعلى الذى يليه هو حوالى

دقيقة	ساعة	دقيقة	ساعة
٥٠	٢٤	٢٥	١٢

وبين المد الأعلى والمد الأسفل ٢٥ دقيقة ١٢ فى المتوسط .



شكل رقم (٧٧)

وهذا يعنى أن لكل مكان على سطح الأرض مدين وجزرين قمرين فى كل دقيقة ساعة
٥٠ ٢٤ تقريبا .

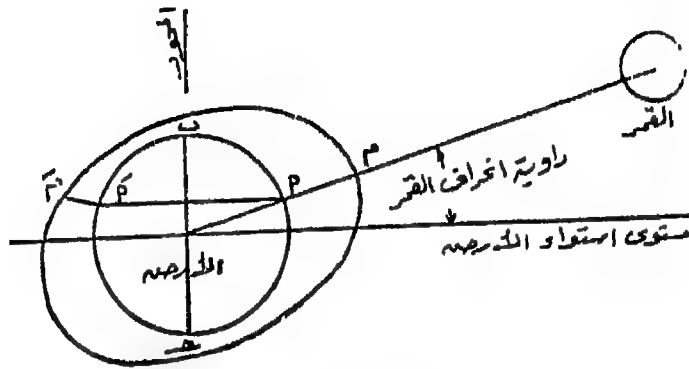
اختلاف المد اليومى :

يتضح مما سبق أن مد القمر الاعلى عند النقطة (أ) يساوى فى الارتفاع والمقدار مد القمر الاسفل عند النقطة (ج) ، وأن حركة الماء الذى يشاهدها الراصد عند (أ) فى دورانه مع الأرض هى حركة بطيئة منتظمة متدرجة من ارتفاع الى انخفاض الى ارتفاع مساو للارتفاع السابق ثم انخفاض وهكذا . وعند رسم خط بياني يربط بين الزمن وارتفاع و انخفاض الماء فى مكان ما ، ينتج منحنيات هرمونية متماثلة (شكل ٧٨) تتساوى فيه ارتفاعات المدود وانخفاضات الجزور . ويلاحظ من الرسم أن الفترة الزمنية بين المد والمد الذى يليه ثابتة وتساوى الفترة الزمنية بين عبور القمر الاعلى وعبور القمر الاسفل وتساوى ٢٥ ساعة ١٢ دقيقة

وقد نتج تساوى المدود ارتفاعا والجزور انخفاضا كما فى الشكل السابق من افتراض أن مدار القمر حول الأرض يقع فى مستوى استواء الأرض أى أن محور الأرض متعامد على مستوى مدار القمر . وفى الحقيقة فإن مدار القمر يميل على مدار الأرض (دائرة البروج) بمقدار $5^{\circ} 09'$ ، ومدار الأرض بدوره مائل على محورها بمقدار $23^{\circ} 27'$ وهذا يعنى أن القمر أثناء دورته الشهرية حول الأرض ينحرف شمالا عن مستوى استواء الأرض بمقدار $28^{\circ} 36'$ فى النصف الاول من الشهر القمري ، وجنوبا بمقدار $18^{\circ} 11'$ فى النصف الاخر من الشهر ، ويكون فى مستوى دائرة الاستواء الأرضية مرتين فقط فى الشهر . فاذا فرضنا أن القمر كان منحرفا شمالا الاستواء الأرضي (شكل ٧٩) فإن الغلاف المائى المحيط بالأرض يتخذ شكلا كرويا منبعجا محوره الاكبر فى اتجاه المستقيم الواصل بين مركز القمر ومركز الأرض ، ويكون ارتفاع المد القمري الاعلى وقت عبور القمر الاعلى عند مكان الراصد (أ) هو (أ م) ، فاذا دار الراصد مع الأرض متتبعا دائرة عرضه (أ أ) فانه

دقيقة ساعة

يشاهد بعد ٢٥ ١٢ المد القمري الاسفل وذلك وقت عبور القمر الاسفل عند (أ) وارتفاعه (١ م) . وواضح من الشكل أنه أقل مقدار من (١ م) . أى أن منسوب الماء فى المدين المتتاليين يختلف اختلافا كبيرا ويسمى هذا الاختلاف باختلاف المد اليومي . ويتغير هذا الاختلاف بتغير انحراف القمر ، فيقل بالتدريج حتى يتلاشى ، ويتساوى المدان عندما يكون القمر فى مستوى استواء الارض ، ثم يأخذ فى الازدياد تدريجيا عندما يأخذ القمر فى الانحراف جنوبا .



شكل رقم (٧٩)

المد الشمسى :

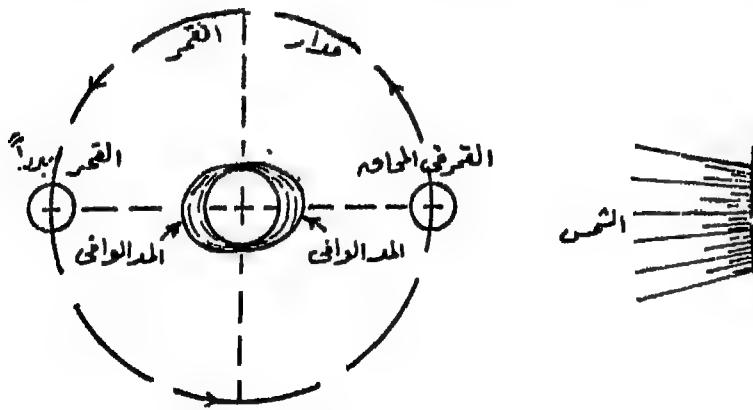
لكل الاجرام السماوية ومنها الشمس تأثير جذبى على الارض الا أن هذا التأثير يكاد يكون معدوما لبعدها الشاسع عن الارض فيما عدا الشمس التى لها على الارض مدان ، أحدهما عند عبورها الاعلى (وقت الزوال) والآخر عند عبورها الاسفل (منتصف الليل) . والشمس لا تدور حول كالقمر ، ولذا فإن الفترة الزمنية بين المد الشمسى والذى يليه هو ١٢ ساعة بالضبط واليوم المدى للشمس هو ٢٤ ساعة .

ومد الشمس أقل من مد القمر بالرغم من عظم كتلتها بالنسبة لكتلة القمر ، وذلك لبعدها من الارض . ويمكن القول أن مد الشمس يساوى ٤٥٨ من مد القمر .

وعلى افتراض أن الشمس توجد ظاهريا عند مستوى استواء الارض ،
فان الخط البياني للمد الشمسى (شكل ٨٠) يبدو على شكل متساوى الارتفاع
والانخفاض ، والفترة بين المد والآخر ١٢ ساعة . ولكن الشمس منحرفة
ظاهريا على مستوى الاستواء الارضى بمقدار 23° - 27° ولهذا فهى تنحرف
شمالا أو جنوبا بهذا المقدار على مدار السنة ولهذا السبب فان للمد الشمسى
اختلاف يومى ولكنه طفيف .

المد الوافى والمد الناقص :

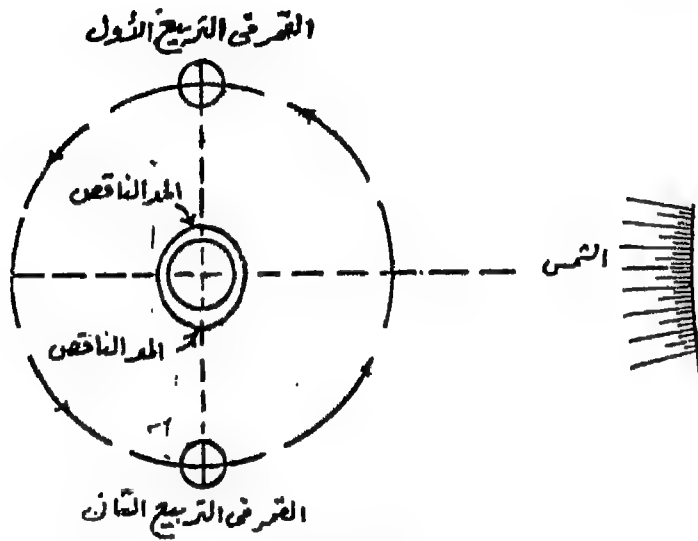
تتوزع على الارض للقوى المتعادلة الناجمة عن جذب القمر والقوى
المتعادلة الناجمة عن جذب الشمس ، وينتج منها مجموعات من المحصلات
هى نتيجة قوى الشمس والقمر معا . فاذا كانت الشمس والقمر فى مستوى
واحد كان يكون القمر بدرا (فى وضع الاستقبال) أو محاقا (فى وضع
الاجتماع) (شكل ٨١) حدث عبور كل من الشمس والقمر فى وقت واحد



شكل رقم (٨١)

وأصبحت محصلات قواهما على الارض حاصل جمعهما . أو بعبارة أخرى
انطبقت قمة منحنى مد القمر على قمة منحنى مد الشمس وقاع منحنى جزر
القمر على قاع منحنى جزر الشمس . وينتج عن ذلك أن الماء عند البدر
والمحاق يرتفع أكثر من المعتاد ويسمى حينئذ بالمد الوافى ، وينخفض
منسوبه فى الجزر أدنى من المعتاد ويسمى بالجزر الوافى .

أما فى غير أوقات البدر والمحاق فإن عبور القمر يسبق أو يتأخر عبور الشمس بمقدار ٥٠ دقيقة كل يوم . فعندما يكون القمر فى أحد التربيعين (شكل ٨٢) يحدث عبوره عند الجزء من الأرض الذى يحدث فيه جزر للشمس ، أو بمعنى آخر تقع قمة منحنى مد القمر فى قاع منحنى جزر الشمس ، ويكون قاع منحنى جزر القمر فى قمة منحنى مد الشمس . وتكون النتيجة أن ارتفاع الماء فى مثل هذا المد أقل من المعدل ويسمى بالمد الناقص ، وكذا ينخفض الماء فى الجزء الذى منسوب أعلى من المعتاد ويسمى بالجزر الناقص .

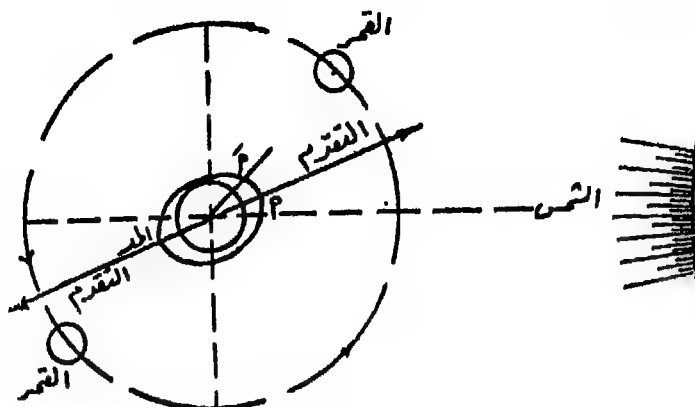


شكل رقم (٨٢)

التقدم والتأخر فى المد :

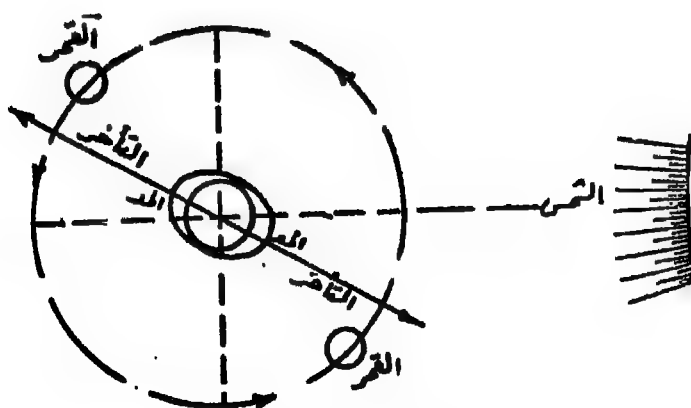
لمد الشمس تأثير آخر على مد القمر غير زيادة ارتفاع الماء . فعندما يكون القمر بين المحاق والتربيع الأول أو بين البدر والتربيع الثانى يجذب الماء فيتخذ شكل كرة منبعجة محورها الأكبر فى اتجاه القمر ، ولكن الشمس فى الوقت نفسه وإن كان تأثيرها الجذبي أقل من تأثير القمر فهى بدورها تجذب إليها الماء على شكل كرة منبعجة محورها الأكبر فى اتجاه الشمس فيتخذ الماء حيال هاتين القوتين شكل كرة منبعجة محورها الأكبر فى اتجاه بين اتجاهى الشمس والقمر ولكنه لجهة القمر أقرب . (شكل ٨٣) .

وينتج عن ذلك أن قمة المد في مكان ما تحدث قبل عبور القمر على هذا المكان بفترة زمنية . وبمعنى آخر فإن الراصد عند النقطة (١) يشاهد أقصى ارتفاع للمد قبل عبور القمر عليه (عند A) بفترة زمنية ، وتسمى هذه الظاهرة بالتقدم .



شكل رقم (٨٣)

وعلى العكس من ذلك عندما يكون القمر بين التربيع الأول والبدر أو بين التربيع الثاني والمحاق (شكل ٨٤) ، ولكن عبور القمر في هذه الحالة يسبق قمة المد أي أن المد يأتي متأخرا عن عبور القمر ، ويسمى ذلك بالتأخر في المد .



شكل رقم (٨٤)

وخلاصة تأثير الشمس على مد القمر هي :

- ١ - عندما يكون القمر بدرا أو محاقا تحدث المدود والجزور الوافية وتقع قمة المد عند عبور القمر .
- ٢ - عندما يكون القمر فى أحد التربيعين تحدث المدود والجزور الناقصة وتقع قمة المد عند عبور القمر .
- ٣ - عندما يكون القمر بين المحاق والتربيع الاول او بين البدر والتربيع الثانى ، فالمدود والجزور متوسطة ، وتسبق قمة المد عبور القمر بفترة زمنية ويسمى ذلك بالتقدم .
- ٤ - عندما يكون القمر بين التربيع الاول والبدر او بين التربيع الثانى والمحاق ، فالمدود والجزور متوسطة ، وتأتى قمة المد بعد عبور القمر بفترة زمنية ويسمى ذلك بالتأخر .

الاختلاف بين النظرية والواقع :

يتضح مما سبق أن ظاهرة المد والجزر وليدة الظواهر الفلكية من دوران القمر حول الارض ودوران الارض حول نفسها وحول الشمس. والمد والجزر وان اختلف ارتفاعا يوما بعد يوم أو زاد أو نقص أو تقدم أو تأخر وقوعه عبور القمر ، كل ذلك يرجع الى الشمس والقمر ، ويمكن حسابه والتكهن بوقوعه بدرجة عالية من الدقة . ولكن الحقيقة غير ذلك فنظرية المد قامت على فروض غير صحيحة لتسهيل الشرح وتبسيط التطبيق . فالنظرية افترضت أن الماء يحيط بالارض على شكل غلاف بسمك واحد وأن هذا الماء لا عزم له ولا قوام . وطبيعة الماء تخالف هذا الفرض إذ أن له عزم وله قوام ، وبالتالي فلا يتشكل فى التو واللحظة تحت تأثير قوى الجذب، بل تلزم لهذه الاستجابة فترة زمنية . ولذا فان المدود القمرية أو الشمسية لا تحدث فى لحظة عبور الشمس أو عبور القمر ، وكذلك فان اليوم المدى طولا وقصرا . والمدود الدافية لا تحدث فى المحاق أو فى البدر تماما ، وقد لا تجرى المدود الناقصة عند التربيعين .

كذلك لا يغطى الماء سطح الارض تماما على شكل غلاف بل يعطى نسبة

٧٠.٨٪ من هذا السطح ، وليس الماء على عمق واحد ، كما أن طبيعة الشواطئ البحرية وتعرجاتها ليست واحدة . ولهذا كله أثر كبير فى تكوين المد وارتفاعه ، فالمد يتراكم فى المضائق والخلجان وينبسط فى البحار المتسعة . وقد يختلف ارتفاع الماء فى المد فى مكان عن آخر على شاطئ واحد أو على خط زوال واحد . فمثلا فى منطقة جنوب شرق ايرلندا لايزيد مدى المد فى بعض خلجانها عن متر واحد ، فى حين يصل الى ٤م فى خلجان أخرى .

وهناك عوامل طبيعية أخرى تخرج ظاهرة المد والجزر من دائرة النظام لفلكى الدقيق مثل الرياح واتجاهها . فإذا هبت الرياح فى اتجاه الشاطئ قد تسرع بتيارات الماء دخولا فى الخلجان فيرتفع المد أكثر من المقرر له حسابيا كما يحدث قبل أوانه ، وقد تجعله يستمر فى ارتفاعه مدة طويلة ، فلا يتبع فى ارتفاعه وانخفاضه المنحنى البيانى الهرمونى النموذجى . وان هبت الرياح نحو البحر كان تأثيرها عكس ذلك فهى تؤخر قدوم الماء وتقلل ارتفاعه .

وللضغط الجوى أيضا تأثير فى ارتفاع الماء ، فإذا ارتفع الضغط انخفض الماء والعكس صحيح . وارتفاع عمود الزئبق سنتيمترا واحدا فى البارومتر يعادل انخفاض ١٣ سم فى منسوب سطح الماء . وتشاهد هذه الظاهرة فى ميناء برست Brest فى فرنسا ، اذ أن أقل تغيير فى الضغط الجوى يحدث اختلافا ملحوظا فى منسوب الماء .

وتلعب العوامل الطبيعية المختلفة دورا مؤثرا تخرج ظاهرة المد والجزر عن اعتبارها مسألة فلكية واضحة الى ظاهرة طبيعية معقدة مضطربة النظام، وهى فى بعض المناطق لا ضابط لها حتى أنه من العبث محاولة تحليل عواملها الفلكية والطبيعية . فعلى سبيل المثال النقطة الخاصة باختلاف المد اليومى والتي عرفنا أن سببها انحراف الشمس والقمر عن مستوى استواء الارض ، فهى وان كانت محدودة الاثر فى المحيط الاطلسى الشمالى الا أن لها أثر كبير فى المحيط الهندى والبحر الاحمر والمحيط الهادى . فقد يصل الاختلاف الى درجة انعدام المد الثانى فلا يحدث سوى مد واحد كل ٢٤

١٠٠٠ . وفى المضيق بدخل المد من ناحيتين على هيئة موجتين متتاليتين ،
عز كانت الفترة الزمنية بينهما حدث ثلاثة أو أربعة مدود فى ٢٤ ساعة .
وان قصرت الفترة الزمنية بين الموجتين اتصل مد الموجة الاولى بمد الموجة
الثانية فتظل المياه مرتفعة ساعات طويلة . وقد يختلف حدوث المد فى
الاماكن الواقعة على خط زوال واحد ، وذلك مخلف للنظرية العامة التى
تنص على حدوث المد فيها فى وقت واحد عند عبور القمر .

ولكن يلاحظ ان المسطحات المحيطية جنوب دائرة عرض ٤٠° ج يمكن
تطبيق نظرية المد العامة عليها اذ لا يوجد هناك يابس متصل يتداخل فى
المياه ، فهناك بعض "حزير" الصغيرة "المعثرة" ، و "بحر" لسانة هناك نسب
فى اتجاه واحد وبقوة ثابتة تقريبا معظم أوقات السنة . وهناك نلاحظ ان
المد يسبح بوجه التقريب القواعد النظرية ولذا اعتبرت الموجة المدية التى
تتشكل هناك ، أنها الاصل وغيرها فروع . واذا سارت هذه الموجة غرب - اتي
مرت بها الارض اثناء دورانها حول محورها شرقا - وصلت رأس الرجاء
الصالح وانحرفت شمالا فى المحيط الاطلسى بسرعة فى الوسط متباطئة عند
الشاطئ حتى تتلاشى فى البحار القطب الشمالى . ويتفرع منها اثناء
سيرها موجات تدخل فى البحار الهامشية على الجانبين ويلاحظ ان هذه
الموجة الاصلية لايزيد مداها عن المد الواحد وتستغرق فترات زمنية مختلفة
حتى تصل الى الشواطىء حسب المسافة بينهما ، فهى عند شواطىء اسبانيا
وامريكا الشمالية تستغرق يوما ونصف ، وعند شواطىء شمال غرب اوربا
تستغرق يومين ونصف .

البَابُ الثَّانِي

مبادئ المساحة

مقدمة:

- الفصل السابع : المساحة بالمقاسات الطولية .
- الفصل الثامن : المساحة بالبوصلة .
- الفصل التاسع : المساحة باللوح المستوية .
- الفصل العاشر : الميزانية .
- الفصل الحادي عشر : المساحة التصويرية وقراءة الصور الجوية .

مبادئ المساحة

مقدمة :

المساحة هي فن قياس المسافات والزوايا والمناسيب على سطح الأرض، وتوقيع تلك القياسات باستخدام القوانين الرياضية على لوحة من الورق تسمى في النهاية خريطة تتحدد عليها المسافات والمساحات وشكل سطح الأرض في أبعاده الثلاثة . فالخريطة إذن هي الهدف النهائي للعمليات والحسابات المساحية . ولما كانت المناطق التي تمثلها الخريطة مختلفة الاتساع والامتداد ، تعددت العمليات المساحية والأجهزة والأدوات المستخدمة فيها . وليس الهدف من هذا الباب هو دراسة الفن المساحي وأسس الرياضية فهذا من صميم عمل مهندسوا وأخصائيو المساحة، ولكن الهدف هو التعرف على بعض العمليات المساحية البسيطة وطريقة تنفيذها كي يقوم بها الجغرافي عند الحاجة . فمن المعروف أن الخريطة الجغرافية العامة التي تبين معالم سطح الأرض الطبيعية والبشرية والتي تستخدم في الدراسات الجغرافية المختلفة وتعرف باسم الخريطة الطبوغرافية لا تمثل في الواقع الفعلي إلا لحظة أخذ القياسات المختلفة . وقد تتغير ملامح تلك المعالم بمضي الوقت خاصة البشرية منها ، وقد تنشأ معالم لم تكن موجودة ، فطبيعة الظواهر الجغرافية هي في تغيرها الدائم ولكن بدرجات مختلفة . فاشكال القرى وامتدادها في تغير دائم والامتداد العمراني الحضري عند أطراف المدن شاحرة ملموسة ، ونشاء المجتمعات العمرانية الحديثة في المناطق الصحراوية خطة تسير عليها سياسات الدولة حالياً ، واستصلاح واستزراع الأراضي الصحراوية عند أطراف المعمور الزراعي يعتبر امتداد للرقعة الزراعية وأنماط استخدام الأرض لا تثبت على حال في معظم الاوقات . كما أن الدراسات الجغرافية قد تتناول مناطق ليس لها الا خرائط عامة غير تفصيلية لا تناسب تلك الدراسات ، وعندها تصبح الحاجة ماسة في انشاء

خرائط تفصيلية لبعض أجزاء تلك المناطق على سبيل العينة. وفى الدراسات الجيومورفولوجية حتى فى المناطق التى لها خرائط تفصيلية يلزم أخذ قياسات مختلفة لانحدارات السفوح وامتدادات وحجم الظواهر الجيومورفولوجية المختلفة وانشاء خرائط هيئة تقوم على عمليات مسح بسيطة . والخلاصة أن الجغرافى يجد نفسه فى حاجة ماسة الى الامام ببعض العمليات المساحية البسيطة كى يستكمل ويصحح ما تحت يديه من خرائط، وكى ينشئ خرائط أولية حسب طبيعة الدراسة التى يقوم بها .

الطرق المختلفة للمسح الأرضى :

توجد عدة طرق لرفع المعالم من الطبيعة وتمثيلها على الخريطة ، وتختلف هذه الطرق فى الوقت اللازم لتنفيذها ودقة نتائجها . ويمكن تجميع هذه الطرق المختلفة فيما يأتى :

١ - المساحة بالمقاسات الطولية : وتتبع هذه الطريقة فى المناطق محدودة الامتداد ومستوية السطح تقريبا . وتعتمد على تقسيم المناطق المراد رفعها الى مثلثات تقاس أطوال أضلاعها بواسطة أدوات القياس المباشر وهى الجنزير والشريط ، ولا يلزم لها قياس زوايا . ذلك لان الشكل الهندسى الوحيد الذى يمكن توقيعه على الخريطة بواسطة أطوال أضلاعه فقط هو المثلث .

٢ - المساحة بالتراپيرس : وفيها تحاط المنطقة المراد رفعها بخطوط مستقيمة تكون فيما بينها مضلع مقفول أو مفتوح يسمى بالتراپيرس. وتقاس الزوايا بين خطوط المضلع بواسطة أجهزة قياس الزوايا مثل البانثومتر أو البوصلة أو التيودوليت ، كما تقاس أطوال هذه الخطوط بالشريط أو الجنزير . ويوقع المضلع على الخريطة عن طريق الزوايا أو الاتجاهات المقاسة والاطوال على امتداد ضلعى الزاوية . ويعتبر هذا المضلع بمثابة هيكل أساسى يتم رفع الظواهر وتوقيعها على جانبيه خطوطه .

٣ - المساحة بالشبكات المثلثية : وفيها يقاس خط واحد فقط بدرجة عالية من الدقة يسمى خط القاعدة ، ثم ينشأ عليه مثلثات مترابطة ومتتابعة

تنشر في المنطقة المراد رفعها حتى تغطيها . وتقاس الزوايا عند رؤوس
المثلثات بأجهزة مسامية دقيقة كالتيو دوليت ومنها يتم حساب أطوال أضلاع
المثلثات دون قياسها المباشر عن الطبيعة . وتعتبر هذه الطريقة أدق الطرق
في رفع المساحات الكبيرة حيث يعتمد على قياس الزوايا فقط ، ولا يخفى
عينا أن قياس الزوايا يمكن تقليل الخطأ فيها بدرجة كبيرة بعكس قياس
الأطوال . وتعتبر هذه الشبكة المثلثية هيكل أساسي يتدرج منه المساحة
الترافيرس بين نقط رؤوس المثلثات .

الفصل السابع

المساحة بالمقاسات الطولية

(المساحة بالجنزير)

يقوم العمل فى هذه الطريقة على قياس أطوال الخطوط فقط بواسطة الجنزير ، ولذلك تسمى بالمساحة بالجنزير ، ولو أنه قد تستعمل أدوات قياس أخرى كالشريط ، ولكن مازالت هذه الطريقة تحمل اسم الجنزير لانه أكثر شوبوعا فى قياس الأطوال . وتصلح هذه الطريقة فى رفع المساحات الصغيرة من الأرض شبه المستوية التى لا تتباين فيها المناسيب بصورة كبيرة . وفى هذه الطريقة يلزم الاعتماد كلية على تخطيط أشكال هندسية يمكن توقيعها بمعلومية أضلاعها فقط . والشكل الهندسى الذى يمكن توقيعها بمعلومية أضلاعه هو المثلث . لذا يسهل اجراء عملية المسح بهذه الطريقة فى المناطق مثلثية الشكل ، أما الاراضى التى تزيد حدودها عن ثلاثة أضلاع فتقسم الى مثلثات مناسبة - وتسمى الاشكال الهندسية التى يتم على أساسها العمل المساحى بالهيكل الاساسى .

الادوات المستخدمة فى المساحة بالجنزير : (شكل ٥٨) :

١ - الجنزير : يتكون من عقل من الحديد الصلب تتصل ببعضها بحلقات من نفس المعدن ، ويوجد بين كل عقلتين ثلاث حلقات ، ويبلغ طول العقلة من منتصف حلقة الوصل الوسطى الى منتصف حلقة الوصل الوسطى التالية ٢٠ سم . والجنزير لها أطوال مختلفة ، ولكن الشائع منها بطول ٢٠م أى يتكون من ١٠٠ عقلة . وينتهى طرفا الجنزير بمقبضين من النحاس يدخلان ضمن طوله . ولسهولة تعيين الابعاد المختلفة على الجنزير يوضع عند نهاية كل عشرة عقل علامة نحاسية يختلف شكلها حسب عدد الامتار التى تبعتها هذه العلامة من طرف الجنزير ، وتسلسل هذه

العلامات واحد من الطرفين . فعلى مسافة مترين من كل من الطرفين تكون العلامة بسن واحدة ، وعلى بعد أربعة أمتار تكون العلامة بسنتين ، وعلى بعد ستة أمتار بثلاثة أسنان ، وعلى مسافة ثمانية أمتار تكون العلامة بأربعة أسنان ، وفى المنتصف أى على بعد عشرة أمتار من طرفى الجنزير تكون العلامة مستديرة .

٢ - الشريط : وهو شريط مصنوع من التيل به أسلاك نحاسية رفيعة لتقويته ، ويلف حول محور من المعدن بداخل علبة من الجلد بواسطة يد خاصة نحاسية متصلة بالعلبة . وهو بطول ١٠ ، ٢٠ ، ٣٠ مترا . ويقسم احد رجهى الشريط الى سنتيمترات وأمتار مطبوعة باللون الاسود، وتكتب الامتار بخط كبير باللون الاحمر ، وعشرات السنتيمترات بخط كبير باللون الاسود ، وبجانب الرقم الدال على الديسيمترات داخل المتر الواحد يكتب الرقم الدال على الامتار الصحيحة باللون الاحمر وبخط صغير . أما الوجه الآخر فمقسم الى بوصات وأقدام ، وتكتب الاقدام بخط كبير باللون الاحمر ، والبوصات بخط كبير باللون الاسود .

٣ - الشريط الصلب : مثل الشريط التيل تماما الا أنه مصنوع من صفيحة من الصلب ، وهو أدق من كل من الجنزير والشريط وأكثر تحملا للعمل .

٤ - الشواخص : وهى عبارة عن قوائم خشبية اسطوانية أو مضلعة المقطع ويتراوح طولها بين ٢ ، ٣ م ومثبت بأسفلها كعب من المعدن مخروطى الشكل حتى يمكن غرسها وتثبيتها فى الارض . وتلون الشواخص باللون زاهية كالأحمر والاسود والابيض بطريقة متبادلة حتى يمكن رؤيتها من مسافات بعيدة ، وقد يوضع على رأسها راية صفراء أو حمراء، ويستعمل فى التوجيه أثناء القياس .

٥ - حامل الشواخص : وهو عبارة عن حامل ذى ثلاث أرجل من الخشب أو الحديد تتصل ببعضها بطريقة تصنع أنبوب قصير عند الاستعمال أى عند فرد تلك الأرجل ، ويوضع الشاخص داخل الانبوب رأسيا، ويستعمل هذا الحامل فى الارض الصلبة التى لا يسهل غرس الشاخص بها .

٦ - الشوكة : عبارة عن سيخ متين من الحديد بطول ٤٠ سم مدبب في احد طرفيه ، والطرف الآخر على شكل حلقة تستعمل كمقبض . وتستعمل عند قياس الأطوال في التوجيه وفي معرفة عدد الجنازير للصدحة المطروحة .

٧ - الاوتاد : وهى اعمدة خشبية قصيرة بطول ٥٠ سم مستديرة أو مربعة المقطع ، ومدببة من احد طرفيها حتى يسهل غرسها فى الارض اللينة . أما فى حالة الارض الصلبة فتستبدل بمسامير طويلة من الحديد أو مواسير أو زوايا حديدية . وتستعمل الاوتاد بصورها المختلفة فى تحديد النقطة .

٨ - خيط الشاغول : عبارة عن خيط من الكتان به ثقل نحاسي محروطى الشكل ، ويستعمل فى عملية التسامت عند القياس على الارض المنحدرة .

٩ - المثلث المساح : وهو أداة بسيطة التركيب سهلة الاستخدام الغرض منه افامة واسقاط الاعمدة على خط الجنزير عند رفع تفاصيل المعالم المختلفة .

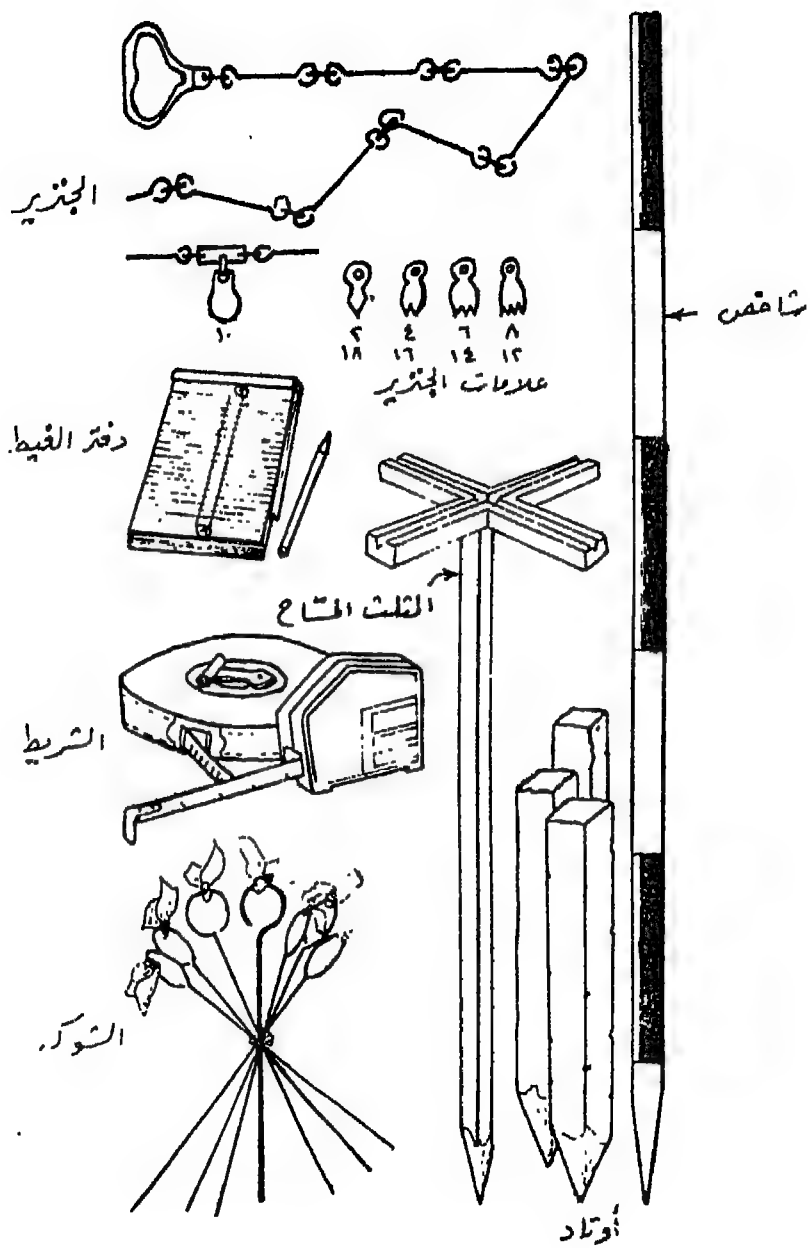
١٠ - الكلينومتر : وهو أداة بسيطة يستعمل فى قياس درجة انحدار الاسطح المائلة لحساب المسافة الافقية للخطوط المقاسة على المائل، ولحساب فرق المنسوب بين طرفى الخيط .

١ - دفتر الغيط : وهو عبارة عن كراسة تفتح فى اتجاه طولى ، وبوسط الصفحة خطين رأسيين بينهما مسافة حوالى ٣ سم تسجل فيها الابعاد على خط الجنزير . ويستخدم فى تسجيل الارصاد الحقلية .

طريقة العمل :

تنقسم عملية المساحة بالجنزير كغيرها من العمليات المساحية الى قسمين : الاول : لرفع أى القياس من الطبيعة ، والثانى التوقيع أى رسم هذه القياسات على لوحة من الورق بمقياس رسم مناسب تسمى فى النهاية الخريطة .

أولاً - عملية الرفع : تتم عملية الرفع بالجنزير بالخطوات التالية :



(شكل رقم ٥٨)

١ - الاستكشاف : وهو المرور بالمنطقة المراد رفعها لتكوين فكرة عامة عنها ، وملاحظة معالمها والتعرف على اتجاهات حدودها بالنسبة لبعضها البعض ، وذلك حتى يمكن اختيار أفضل المواقع للنقط التى سوف تختار لتكوين الهيكل الاساسى للمنطقة .

٢ - رسم الكروكى : يرسم كروكى للمنطقة فى دفتر الغيط ، ولا يشترط ان يكون بقياس رسم بل يكفى ان يمثل الطبيعة بالتقريب وبحجم مناسب يسمح ببيان التفاصيل وعدم ازدحامها .

٣ - اختيار النقط المحددة للهيكل الاساسى : تنتخب انسب المواقع لنقط الهيكل من واقع الكروكى ، ثم تعين فى الطبيعة بأوتاد خشبية أو زوايا حديدية . ويراعى ان تكون بعيدة عن حركة المرور لنفاذى ازالتهما .

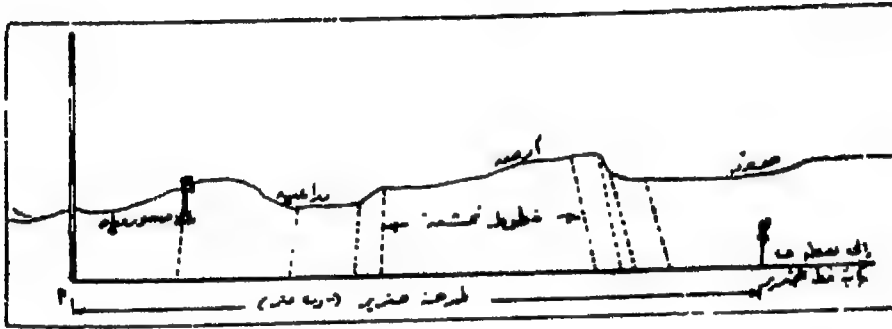
٤ - كروكى النقط : بعد تثبيت النقط فى الطبيعة ، يحدد موقع كل نقطة وذلك بقياس بعدها عن نقطتين ثابتتين فى الطبيعة ، وقياس بعد ثالث للتحقيق . والغرض من هذه الخطوة هو اماكن العثور عليها عند استئناف العمل أو اعادة تحديد مكانها فى حالة ازالتها .

٥ - قياس الاطوال : تسمى خطوط الهيكل الاساسى المحصورة بين الاوتاد بخطوط الجزير . ويقاس كل خط على حدة بدقة بأحدى الطرق التى سيأتى ذكرها فيما بعد . ويقاس كل خط مرتين فى اتجاهين عكسين ثم يؤخذ المتوسط .

٦ - التحشية : يقصد بالتحشية تعيين البعد العمودى لتفاصيل المعالم الجغرافية عن خط الجزير . ويتم تعيين نقط التفاصيل عن طريق احداثيين : الاحداثى السينى وهو بعد مسقط نقطة التفاصيل عن بداية خط الجزير ، والاحداثى الصادى هو البعد العمودى لنقطة التفاصيل عن خط الجزير ، ولاجراء ذلك يفرد الجزير فى اتجاه الخط المراد رفع تفاصيل حوله ، وتوضع حلقة الشريط التيل عند كل بعد مطلوب أخذ تحشية عنده ، ويقام عمود ويقاس تقاطعه مع حد التفاصيل . وتسجل هذه الابعاد فى دفتر الغيط (شكل ٨٦) .

ويلاحظ عند رفع التفاصيل ما يأتى :

- ١) يكفى لتحديد الخط المستقيم قياس خطين من خطوط التحشية فقط عند بدايته وعند نهايته وخط ثالث فى المنتصف كتحقيق .
- ب) تكلف خطوط التحشية الطويلة عناء ووقت فضلا عن الاخطاء المحتملة ، لذا يمكن اضافة خطوط جنزير مساعدة تربط بالهيكل الاساسى لتكون قريبة من التفاصيل البعيدة .
- ج) كلما كان التغيير فى شكل حدود التفاصيل بسيطا كلما قلت خطوط التحشية ، وكلما كثرت التعرجات كثرت خطوط التحشية اللازمة لرفع الحد بدقة .
- د) يجب الاعتناء بأقامة واسقاط الاعمدة .



شكل رقم (٨٦)

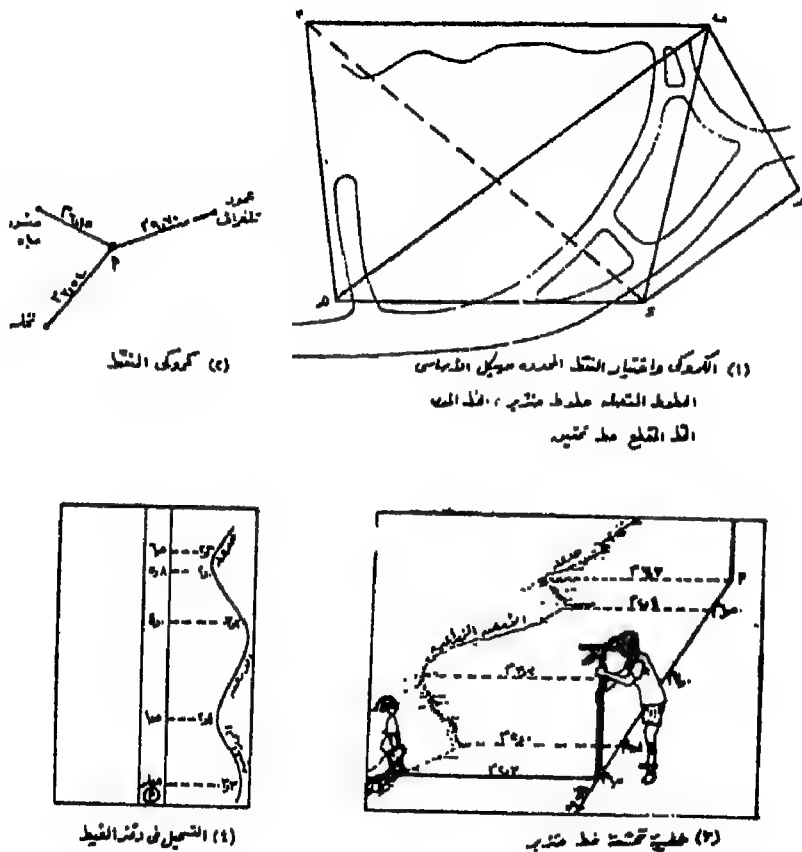
ثانيا - عملية التوقيع ! يختار مقياس رسم مناسب ، ويتوقف هذا الاختيار على عاملين : أولهما الغرض من الخريطة ، وثانيهما أبعاد اللوحة المستعملة . ويتم التوقيع بالخطوات التالية :

١ - توقيع الهيكل الاساسى : يراعى الابتداء برسم أطول خط من خطوط الجنزير كقاعدة فى مكان مناسب من اللوحة يسمح بتوقيع بقية الخطوط والتفاصيل التى حولها داخل حدود اللوحة ، ويستعان فى ذلك بكروكى المنطقة . وترسم المثلثات التى تكون الهيكل بطريقة تقاطع الاقواس المعروفة ، وذلك بمعرفة أطوال أضلاعها واحدا بعد الآخر .

٢ - توقيع التفاصيل : يقصد بذلك توقيع خطوط التحشية ، وذلك عن

طريق اقامة اعمدة بالمسطرة والمثلث على جانبى خط الجزير المراد تحشيته
عند الابعاد المسجلة فى دفتر الغيط فى خانة خط الجزير ، وتحدد اطوال
خطوط التحشية على هذه الاعمدة . توصل النقط الناتجة ببعضها لظهار
حدود المنطقة وتفصيلها المطلوبة . ثم ينتقل العمل الى الخطوط الاخرى
حتى تنتهى التحشية جميعها وتظهر المعالم الجغرافية متكاملة وواضحة .

مثال عام : (شكل ٨٧) :



شكل رقم (٨٧)

العمليات المساحية البسيطة المستخدمة فى المساحة بالجزير :
تشمل هذه العمليات قياس الاطوال واقامة واسقاط الاعمدة .

اولا - قياس الاطوال :

يعتبر قياس الاطوال أساس الاعمال المساحية ، ويمكن قياس طول أى خط بعدة طرق تبعا لطبيعة هذا الخط من ناحية وطبيعة سطح الارض بين النقطتين المحددتين له من ناحية أخرى . وينبغى القول أن الخطوط المرسومة على الخرائط هى المسقط الافقى لها ، لذا يجب أن تقاس اطوال الخطوط فى المستوى الافقى قدر الامكان ، وان تعذر ذلك فيمكن اتباع بعض القوانين الرياضية البسيطة والعمليات المساحية البسيطة لحساب طول الخط فى المستوى الافقى بعد قياسه فى المستوى المائل .

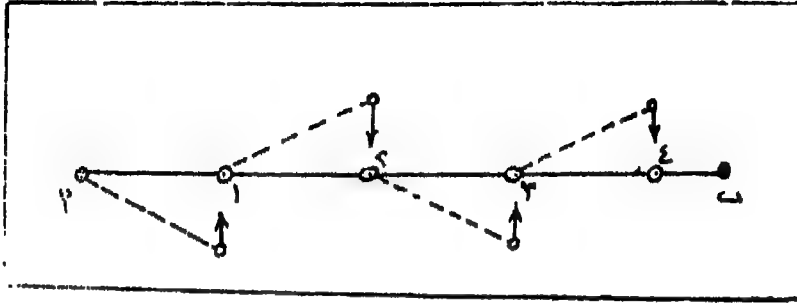
١ - القياس على أرض مستوية :

أ (إذا كان طول الخط أقصر من جنزير : يفرد الجنزير ، ثم توضع الحافة الخارجية للمقبض النحاسى عند مركز وتد بداية الخط ، ثم يشد جيدا على امتداد الخط حتى يمر بمنتصف رأس وتد النهاية . ويجب أن يكون الجنزير مستقيما غير ملتو . يحدد عدد الامتار الصحيحة من أقرب علامة نحاسية لنهاية الخط ، ثم يضاف اليه عدد العقل وكسر العقلة حتى منتصف وتد النهاية .

ب (إذا كان طول الخط أطول من جنزير : يحتاج القياس فى هذه الحالة الى عملية توجيه بواسطة الشواخص والشوك حتى يكون القياس بين طرفى الخط فى اتجاه الخط تماما . والهدف من عملية التوجيه تعيين نقط اضافية بين طرفى الخط عند نهاية كل جنزير بحيث تقع فى اتجاه الخط المطلوب قياسه . ويتم العمل بواسطة شخصين ، يمسك الاول بطرف الجنزير عند أول الخط ويسمى بالخلفى ، والثانى يمسك بالطرف الاخر للجنزير ومعه ١٠ شوك ويسمى بالامامى ، ويتجه ناحية نهاية الخط ويشد الجنزير جيدا مع وضع شوكة رأسية مع مقبض الجنزير ، ثم يتحرك يمنا أو يسارا تبعا لاشارات الخلفى حتى يصل الى الوضع الذى يرى فيه الخلفى هذه الشوكة منطبقة مع الشاخص المحدد لنهاية الخط ، فتكون الشوكة على امتداد الخط المراد قياسه ، ويثبتها (يغرسها) الامامى فى الارض . ثم يسحب الامامى الجنزير ناحية نهاية الخط حتى يقف الخلفى عند الشوكة المغروسة (وهى فى هذه الحالة الشوكة رقم ١) . وتكرر عملية

التوجيه، وتغرز الشوكة الثابتة وهكذا حتى نهاية الخط . يجمع الخلفى هذه الشوك فى يده عند احتلاله لكل موضع كان به الشوكة التى تركها الامامى . وبلاحظ فى هذه الحالة ان عدد الشوك التى فى يد الخلفى تساوى عدد الجازير الصحيحة التى طرحت . ثم تقاس المسافة بين آخر شوكة وبهاية الحط وتضاف (شكل ٨٨) .

طول الخط = عدد الشوك \times طول الجنزير + الجزء المضاف



شكل رقم (٨٨)

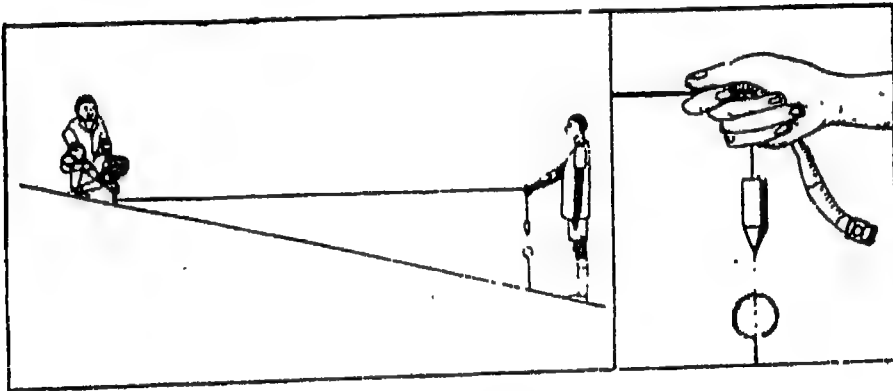
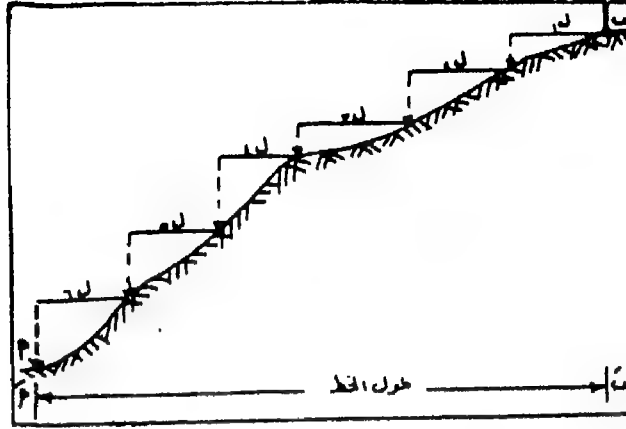
٢ - القياس على أرض منحدرة :

أ) إذا كانت الارض غير منتظمة الانحدار : يقاس الخط فى هذه الحالة على عدة أجزاء من أعلى الى أسفل (شكل ٨٩) . يفرد جزء من الجنزير بطول معين يتناسب مع شدة الانحدار . يوضع مقبض الجنزير عند نقطة بدء الخط، ويشد الجزء المفرد منه جيدا فى وضع أفقى بالنظر ، ثم تحدد نقطة نهاية هذا الجزء المفرد على الارض بواسطة خيط الشاغول وتغرس شوكة . يسحب الجنزير فى اتجاه الخط ويثبت مقبضه عند الشوكة السابقة ، ثم يفرد جزء منه بنفس الطول السابق ، ويجعل أفقيا ثم تحدد مسقط نهاية الجزء المفرد ثانيا بخيط الشاغول وتغرس شوكة أخرى . يكرر العمل السابق حتى نقطة نهاية الخط .

طول الخط = مجموع أطوال الاجزاء التى قيست .

ب) إذا كانت الارض منتظمة الانحدار : يقاس الخط على الارض

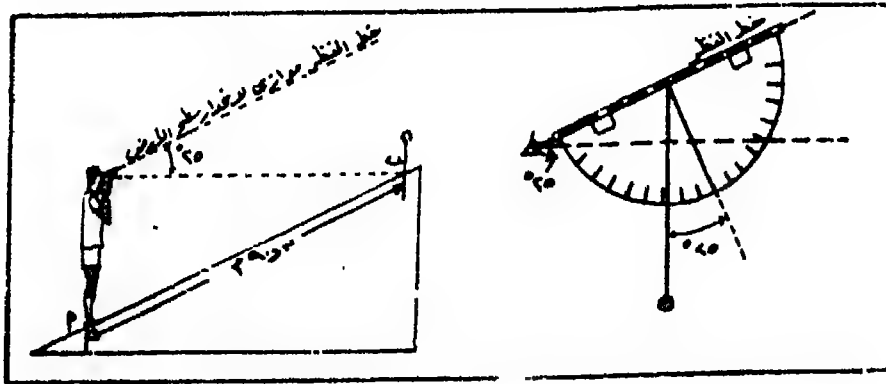
المنحدرة مباشرة ، وتسمى هذه المسافة بالمسافة الارضية . وتقاس زاوية الانحدار بجهاز الكلينومتر وهو احد اجهزة قياس درجة الانحدار .



شكل رقم (٨٩)

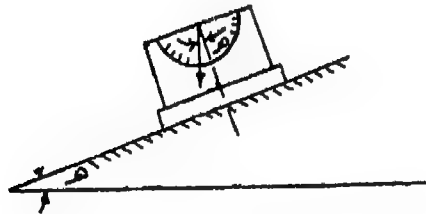
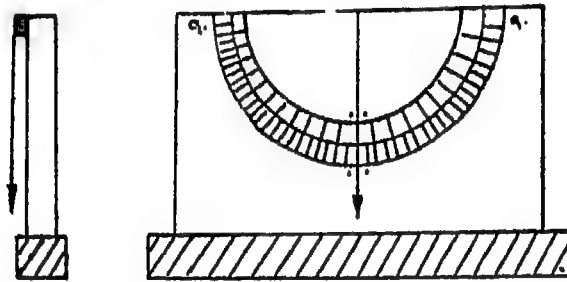
طول الخط = المسافة الارضية \times جتا زاوية الانحدار (شكل ٩٠) .

جهاز الكلينومتر Clinometer : يتركب الجهاز فى أبسط أنواعه (شكل ٩١) من قاعدة خشبية مثبت فوقها لوحة من الخشب مرسوم عليها منقلة نصف دائرية ، يتدلى من مركزها خيط شاغول بثقل مناسب يتخذ عند وضعه على المائل وضعاً رأسياً . يبدأ بالتدريج على هذه المنقلة من الوسط حتى ٩٠° ناحية اليمين ، ٩٠° ناحية اليسار . وعند استعمال هذا الجهاز يوضع على السطح المائل المراد قياس درجة انحداره فى عدة مواقع على



شكل رقم (٩٠)

سحب الخط ، فيميل الجهاز بينما يظل خيط الشاغل وثقله ثابتا في الاتجاه
الراسي ليقرأ زوايا الانحدار ، ثم يؤخذ المتوسط .



شكل رقم (٩١)

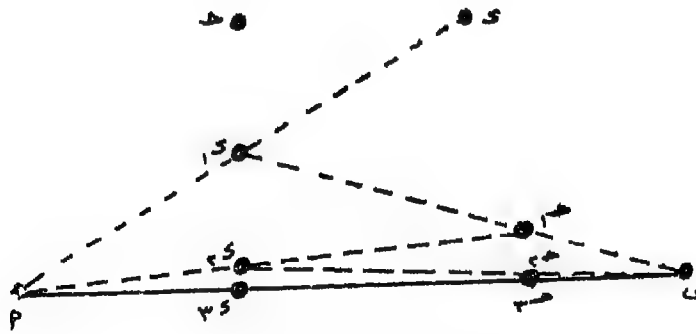
٣ - القياس على أرض بها موانع وعقبات :

عند تخطيط الهيكل الاساسي يجب مراعاة الا تعترض خطوط الجنزير
عقبات أو موانع تعوق عملية القياس . ولكن أحيانا لا يمكن تفادي ذلك

تبعاً لطبيعة المنطقة ، فتل صغير أو مبنى ، بركة أو مجرى نهري ، أرض طينية لا يمكن السير فيها ، كلها عوائق يجب أن يتوقعها الجغرافي عند تخطيط الهيكل الاساسى وبالتالي تعوق قياس بعض خطوط الجزير بطريقة مباشرة .

وهناك عدة طرق يمكن اتباعها للتغلب على تلك العقبات :

١ () قد يعترض قياس الخطوط مناطق مرتفعة تمنع التوجيه لضمان امتداد الخط على استقامته حتى يمكن قياسه . فاذا كان المطلوب قياس الخط أ ب (شكل ٩٢) فان الراصد الواقف عند أحد طرفي هذا الخط لا يمكن رؤية الطرف الآخر ، ولذلك تستعمل شواخص بطول مناسب تسمح بالتوجيه مثل ج ، د وتثبت في مكان مناسب بين نقطتي أ ، ب بحيث يمكن رؤية الشاخص (أ) من الموضع (د) ، والشاخص (ب) من الموضع (ج) . يتحرك الشاخص (ج) حتى تكون النقط أ ، ج ، د على استقامة واحدة ، ثم يتحرك الشاخص (د) حتى تصبح النقط ج ، د ، ب على استقامة واحدة . وبتكرار هذه العملية بالتبادل تصبح الشواخص الاربعة أ ، ج ، د ، ب على استقامة واحدة ، فتقاس المسافات الجزئية أ ج ، ج د ، د ب وبالجمع نحصل على طول خط الجزير أ ب .

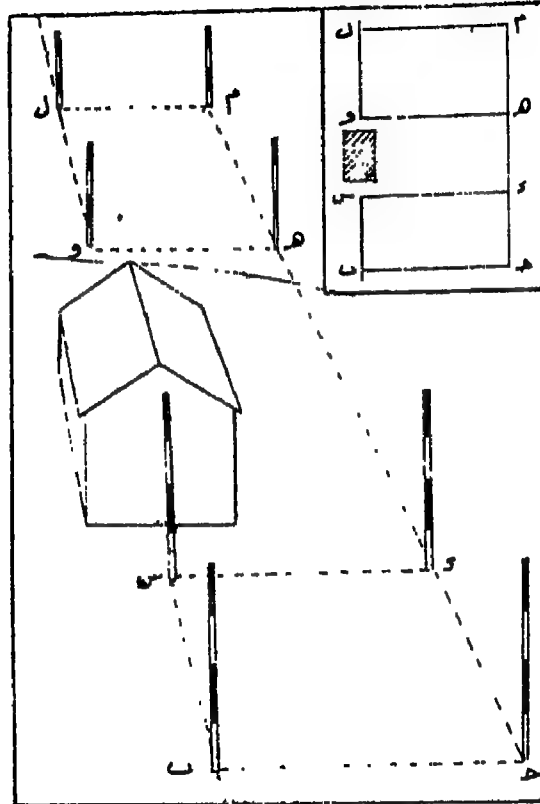


شكل رقم (٩٢)

ب) عندما يعترض مبنى مد خط الجزير أ ب (شكل ٩٣) يجرى الآتي :

- يقدم العمودان المتساويان ح ب من ب ، س د من س على الخط
أ ب المطلوب مده خلال المبنى .

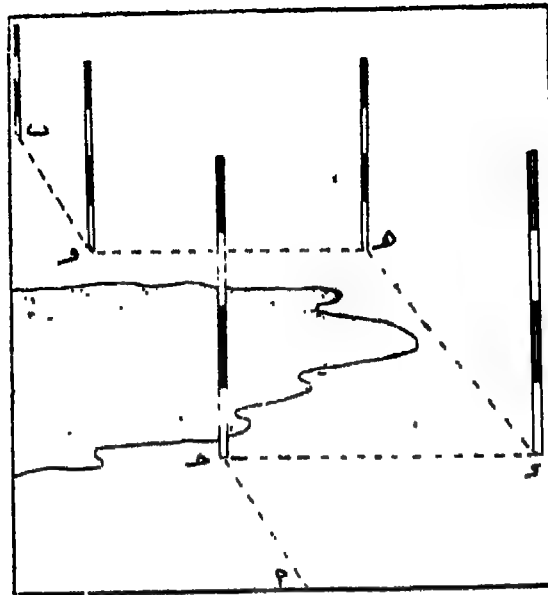
- يمد د ج على استقامته ثم تعين النقطتان ه م عليه ، ومنهما يقام
العمودان المتساويان ه و ، م ل ويساويان فى نفس الوقت العمودين س د ،
ب ح . يصبح ول على امتداد أ ب ، ح ه = ب و .



شكل رقم (٩٣)

ج) اذا كان المطلوب قياس الخط أ ب الذى تعترضه بركة صغيرة
(شكل ٩٤) يجرى الانى : من نقطة (ح) الواقعة عند حافة البركة والتى
حددت على امتداد أ ب يقام العمود ح د بطول يتجاوز حد البركة . يقام
العمود د ه من النقطة د بحيث يتجاوز نهايته نهاية البركة . ومن النقطة

ه يقام العمود ه و بطول يساوى العمود د د ، فيصير الخط د ه مساويا وموازيا للخط ح و . وطول خط الجزير ا ب = ا ح + د ه + و ب .



شكل رقم (٩٤)

د عند اعتراض مجرى مائى كترعة أو مصرف خط الجزير ا ب ،
تعين نقطة مثل ح يقام منها العمود د د بطول مناسب (شكل ٩٥) ، ثم تثبت
النقطة ه بحيث تكون د ، ه ، ب على استقامه واحدة . ومن ه يسقط
العمود ه و على الخط ا ب بحيث تكون ا ، و ، ب على استقامة واحدة ،
والعمود ه ز على ح د بحيث ح ، ز ، د تكون على استقامة واحدة . من
تشابه المثلثات :

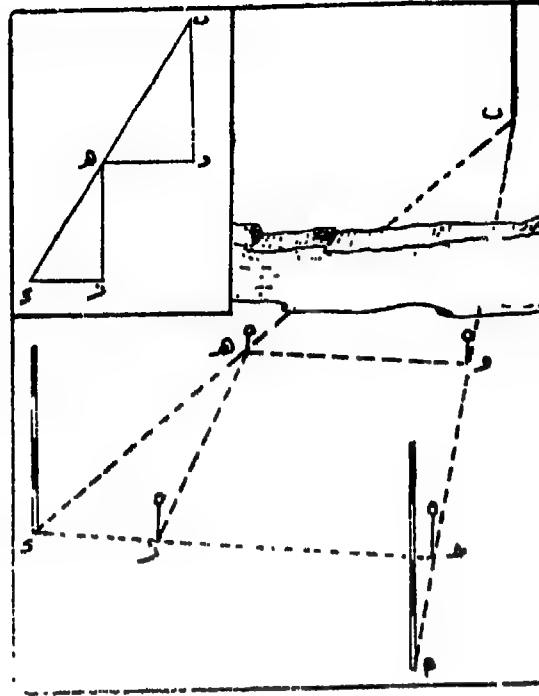
$$\frac{ب و}{ه ز} = \frac{ه و}{د ز} = \frac{د و}{ه ز \times ه و}$$

طول خط الجزير = و ب + ز د

ثانيا - اقامة واسقاط الاعمدة :

أغلب الطرق المستخدمة فى اقامة واسقاط الاعمدة تقوم على أساس
هندسى يستعمل فيه الجزير والشريط بنفس الطريقة التى نستخدم بها

المنقلة والفرجار والمسطرة في العمل بالمكتب . وهناك طرق عديدة يختصر بعضها فيما يلي :



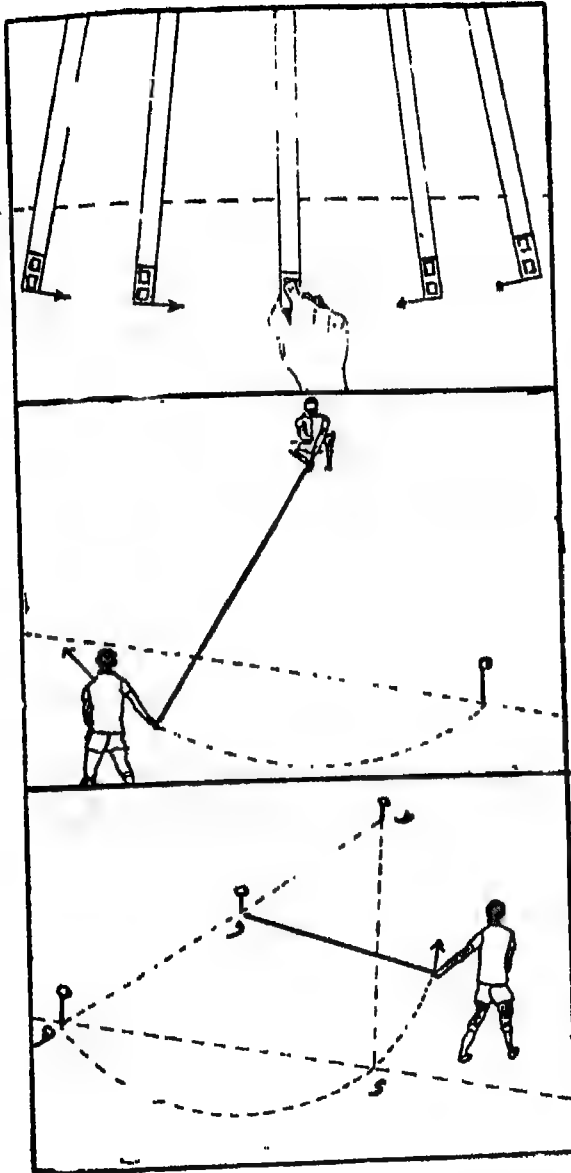
شكل رقم (٩٥)

ا) طريقة اقصر مسافة : يثبت الشريط في النقطة المراد اسقاط عمود منها على خط الجزير عند قراءة مناسبة صحيحة . يحرك الشريط يمينا ويسارا عند النقطة التقريبية لمسقط العمود على خط الجزير . النقطة التي تسجل عندها اقل قراءة على الشريط هي مسقط العمود (شكل ٩٦) .

ب) طريقة المثلث متساوي الساقين : يثبت طرف الشريط عند النقطة المراد اسقاط عمود منها على خط الجزير (س) وبطول مناسب يرسم قوس يتقاطع مع خط الجزير في نقطتين ا ، ب . والخط الواصل بين س ونقطة منتصف المسافة بين ا ، ب هو العمود المطلوب (شكل ٩٧)

ج) يراد اسقاط عمود من النقطة ح على خط الجزير ا ب : تعين نقطة مثل هـ على خط الجزير ، وتقاس المسافة ح هـ وتنصف في و . وبالارتكاز

فى و وبطول يساوى و هـ ٩٠ جـ يرسم قوس دائرى يمر بنقطتى هـ ، جـ
وبقطع خط الجزير فى دـ . الخط حد هو العمود لمطوب (شكل ٩٨)



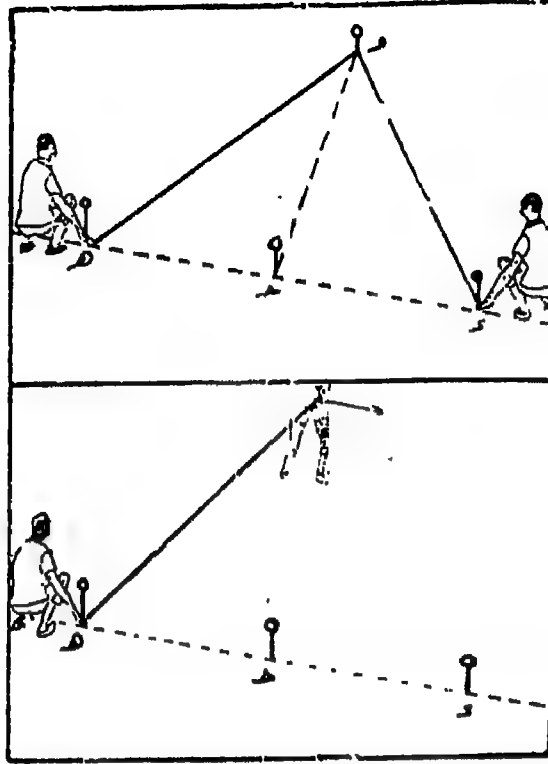
شكل رقم (٩٦)

شكل رقم (٩٧)

شكل رقم (٩٨)

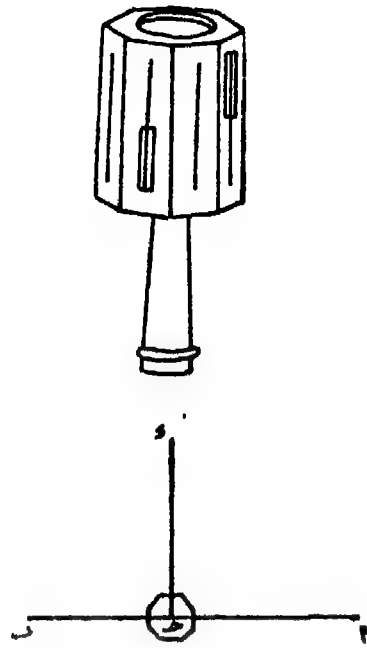
د) يراد اقامة عمود من النقطة ح الواقعة على خط الجزير ا ب : تعين
النقطتان د ، هـ على جانبي النقطة ح و على مسافة متساوية . يثبت ط ف

الشريط فى النقطة د وبضول مناسب يرسم قوس على الارض ، وبنفس الطول يرسم قوس آخر من النقطة ه . يتقاطع القوسان فى نقطة و ويكون و ح هو العمود المطلوب (شكل ٩٩) .



شكل رقم (٩٩)

هـ) المثلث المساح : عبارة عن جهاز صغير يستعمل فى اقامة واسقاط العمدة . وله عدة أنواع منها الخشبى ، والمفتوح ، مثنى الوجة ، والاخير اكثرها استعمالا ، وهو علبة من النحاس بارتفاع ١٠ سم وقطر ٧ سم مثنى الوجة ، وتوجد فى اربع اوجه متقابلة أربعة شروخ رأسية ، وفى الاربعة الاخرى شرخ حتى نصف طول الوجه والباقى عبارة عن شبك تتوسطه شعرة على امتداد الشرخ . ويلاحظ أن كل شرخ يقابله فى الوجه المقابل شبك وشعرة .



شكل رقم (١٠٠)

ولاقامة العمود ح د من نقطة ح الواقعة على خط الجزير أ ب بواسطة المثلث المساح ، يوضع الجهاز على قائم رأسى فوق النقطة ح ، وترصد النقطة أ من أحد الواجه الرئيسية التى بها شرخ وشباك وشعرة رأسية ، وبدون تحريك الجهاز ترصد النقطة ب من الوجه المقابل ويجب رؤيتها مباشرة والا فان الجهاز ليس فوق النقطة ح تماما أو أن الجهاز به عيب . يرصد شاخص يتحرك ببطء يميناً ويساراً حسب التوجيه من الوجهين المتعامدين على الوجهين السابقين حتى يأتى الشاخص على استقامة خط النظر بين الشرخ والشعرة الرأسية المشدودة فى الشباك المقابل لها ، فيعين الشاخص النقطة د ، ويكون ح د هو العمود المطلوب (شكل ١٠٠) .

الفصل الثامن

المساحة بالبوصلة

تعتبر المساحة بالبوصلة من العمليات المساحية البسيطة التى يعتمد عليها الجغرافى فى التحقق السريع للخرائط التى يستخدمها فى دراسته ، وفى اثناء خرائط تفصيلية كبيرة المقياس لا تحتاج الى دقة عالية ، وفى تعيين مواقع الظواهر الجغرافية المختلفة عن طريق قياس زوايا الانحراف بين اتجاه الشمال المغناطيسى الذى تحدده الابرمة المغناطيسية للبوصلة ، وخط النظر بين الراصد وموقع الظاهرة . ويقوم العمل المساحى عند انشاء خرائط تفصيلية بالبوصلة على انشاء هيكل أساسى يتكون من اضلاع (ترافيرس) يقاس اطوالها بالشريط ، وتعين الزوايا بينها عن طريق قياس انحرافاتهما عن الشمال المغناطيسى .

وتتميز المساحة بالبوصلة عن المساحة بالجنزير بما يأتى :

١ - يمكن اختصار القياسات الطولية بالشريط او الجنزير الى حد كبير ، وبالتالي لا تتراكم الاخطاء الناجمة عن القياسات الطولية سواء فى الرفع او عند التوقيع .

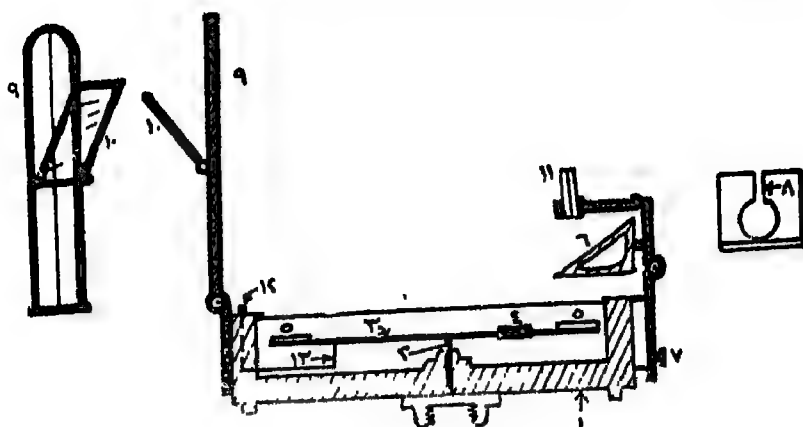
٢ - يمكن تحديد مواقع الظواهر والمعالم الجغرافية المختلفة التى تبعد عن الراصد بمسافات كبيرة بدقة عالية نسبيا ، وبالتالي يمكن استخدامها فى رفع المناطق الواسعة .

٣ - يمكن التحقق من العمل المساحى بسهولة وبسرعة .

البوصلة المنشورية :

هى اداة مساحية بسيطة التركيب سهلة الاستعمال . وتستخدم فى تحديد

الشمال المغناطيسى وقياس انحرافات الاتجاهات بالنسبة لهذا الشمال
المغناطيسى . وتتركب البوصلة من الاجزاء الآتية (شكل ١٠١) :



شكل رقم (١٠١)

- ١ - علبة مستديرة من النحاس مدهونة بطلاء أسود أو زيتونى اللون ،
لها غطاء زجاجى لمنع تسرب الاتربة والرطوبة بداخلها .
- ٢ - سن راسى من الصلب مثبت فى مركز العلبة ترتكز عليه الابرة
المغناطيسية من منتصفها .
- ٣ - ابرة مغناطيسية ، وهى عبارة عن رقيقة من الصلب الممغنط
مرتكزة على السن رقم ٢ من وسطها لتكون حرة الحركة .
- ٤ - ثقل لجعل الابرة المغناطيسية أفقية .
- ٥ - اطار معدنى من الالومنيوم متصل بالابرة المغناطيسية ومقسم الى
درجات وأنصاف الدرجات . ويبدأ التدريج على هذا الاطار من القطب
الجنوبى للابرة ، ويتزايد فى اتجاه عقرب الساعة الى ٣٦٠° ، وعلى هذا
يكون تدريج القطب الشمالى هو ١٨٠° .
- ٦ - منشور ثلاثى من الزجاج مثبت فى غلاف نحاسى بجانب العلبة
ويتصل بها عن طريق مفصلة لقراءة تدريج الاطار . وتتم القراءة بشعاع
يسقط من الاطار على السطح المائل للمنشور خلال الفتحة ف ثم ينعكس

أفقياً إلى العين من الفتحة فـ١ ، والكتابة على الاطار مقلوبة حتى نقرأ معتدلة .

٧ - مسمار لرفع المنشور أو خفضه تبعاً لقوة ابصار الراصد حتى يمكن قراءة التدريب بوضوح ، وهذا لمسمار أسفل المنشور .

٨ - فتحة راسية ضيقة في الجانب الراسي من الغلاف المركب بداخله المنشور الثلاثي وذلك للرصد منها .

٩ - دليل راسي مقابل للفتحة رقم ٨ من الجهة الاخرى للعلبة يتصل بها بمفصلة . وهو عبارة عن شبك في وسطه شعرة راسية للتوجيه .

١٠ - مرة تنزلق على دليل لرصد النقط المرتفعة أو المنخفضة .

١١ - شرائح من زجاج ملون للرصد في اتجاه أشعة الشمس .

١٢ - مسمار لرفع الابرة المغناطيسية عن محورها .

١٣ - رافعة يضغط عليها المسمار رقم ١٢ لرفع الابرة عن محورها .

ويمكن استعمال البوصلة بحملها باليد مباشرة ، ولكن في الغالب تثبت على حامل ثلاثي الارجل مزود بخطاف يتدلى منه خيط شاغول .

استعمال البوصلة :

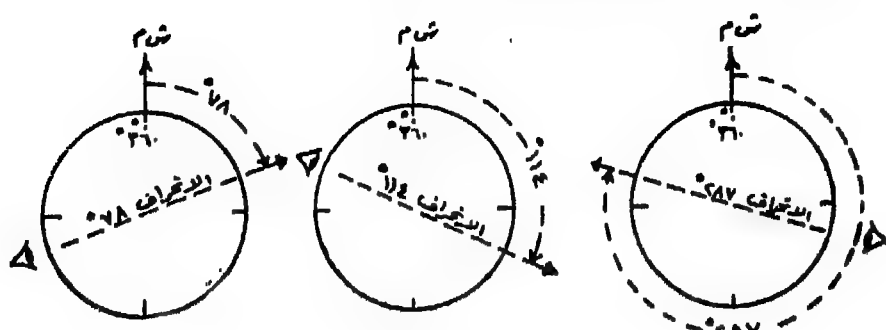
لقياس انحراف هدف عن الشمال المغناطيسي عند نقطة يحتلها الراصد يجرى الآتي :

١ - تثبت البوصلة في الحامل الثلاثي ، وتوضع فوق النقطة تماماً بواسطة خيط الشاغول .

٢ - تضبط أفقية عبة البوصلة بالنظر ، لضمان عدم احتكاك الابرة المغناطيسية بجوانبها مما يؤدي الى اعاقه حركتها وبالتالي قراءة أرواد خاطئة .

٣ - يوجه الدليل الراسي نحو الهدف بحيث تكون الفتحة الراسية في المنشور الثلاثي والشعرة الراسية في شبك الدليل والهدف على استقامة واحدة .

٤ - يوجه النظر من فتحة المنشور في المواجهة لعين الراصد، وعندما تثبت حركة الابرة ومعها الاطار ، يلاحظ أن الهدف وتدرج الاطار يمكن رؤيتهما في وقت واحد ، وعندئذ تعين القراءة التي تبدو وكأنها منطبقة على شعرة شبك الدليل بينما هي في الحقيقة على امتدادها . وبذلك يحدد انحراف الهدف عن الشمال المغناطيسى (شكل ١٠٢) .



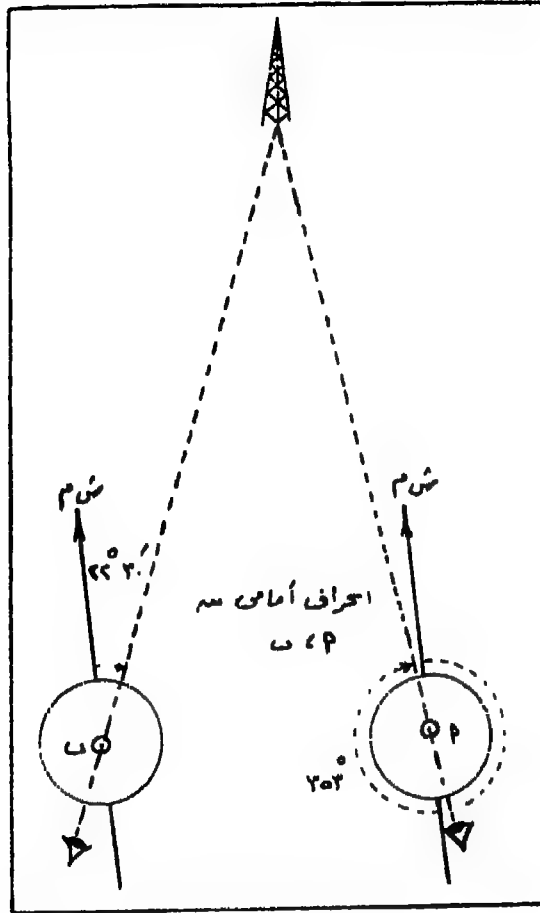
شكل رقم (١٠٢)

الانحراف الامامى والانحراف الخلفى :

يقاس انحراف خط الاتجاه بين الراصد والمرصود بدءا من خط الشمال المغناطيسى الذى يعتبر صفر وفى اتجاه عقرب الساعة ، أى ان قيمة الزاوية تتزايد فى اتجاه عقرب الساعة من صفر الى خط الاتجاه المراد قياس انحرافه . وتكون قيمة الانحراف فى هذه الحالة بين صفر ، ٣٦٠ . فانحراف الخط أ ب مثلا مقاسا من خط الشمال المار بنقطة ١ وفى اتجاه عقرب الساعة حتى الخط أ ب هو الزاوية ١ (شكل ١٠٣) . وباعتبار أن هذا الخط يتجه من نقطة ١ الواقف بها الراصد الى النقطة ب المرصودة، فتسمى الزاوية أ بالانحراف الامامى للخط أ ب . ويسمى فى نفس الوقت الانحراف المقاس للخط أ ب مقاسا من خط الشمال المار بنقطة ب وفى اتجاه عقرب الساعة الى الخط أ (زاوية ٢) بالانحراف الخلفى للخط أ ب .

وحيث أن الاتجاه أ ب خط مستقيم ، واتجاه الشمال المغناطيسى - فى المناطق محدودة المساحة للأرض - ثابت ومواز لنفسه ، فإن الفرق شئ الانحراف الامامى والانحراف الخلفى يجب أن يكون ١٨٠ دائما ما لم تؤثر

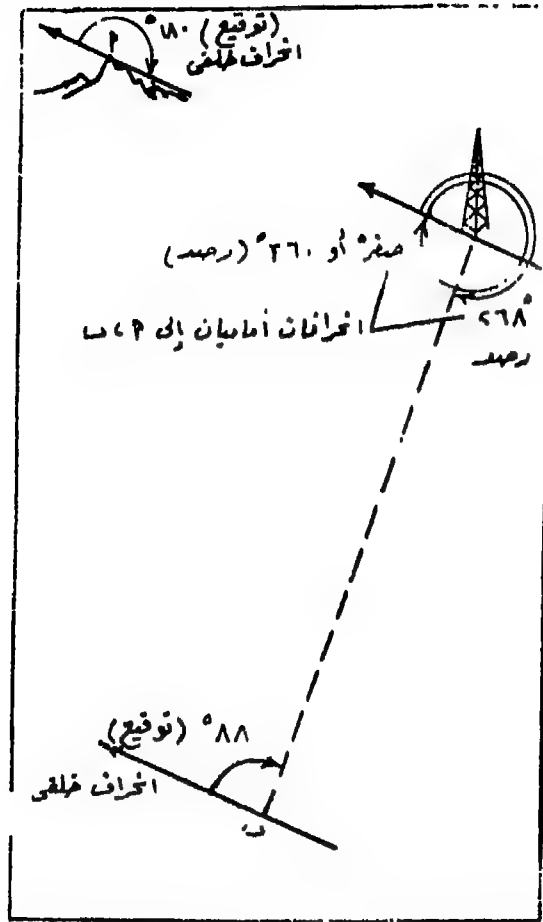
القراءتان وهما يمثلان انحرافى البرج من ١ ، ب . ويرسم على الخريطة خطاً يمثل الشمال المغناطيسى ويمر بالنقطة ١ ويوقع زاوية الانحراف بالمنقلة فى اتجاه عقرب الساعة ، وخطاً آخر يمثل الشمال المغناطيسى ويمر بالنقطة ب ويكون موازياً للآخر ويوقع زاوية الانحراف فى اتجاه عقرب الساعة .



شكل رقم (١٠٤)

يتقاطع الانحرافان فى نقطة تمثل موقع بئر البترول . وبنفس الطريقة يمكن اضافة تفاصيل على الخريطة ليست موجودة بها . وتسمى هذه الطريقة بالتقاطع الامامى .

ويمكن تعيين موقع برج البترول بطريقة أخرى تسمى بالتقاطع العكس .
وتتميز هذه الطريقة عن طريقة التقاطع الامامى فى أن الراصد لا يحتل
مكان الظواهر الثابتة ،نوفعة على الخريطة ، ولكن يقوم بعمليات الرصد
عند احتلاله للنقطة التى يريد تحديدها على الخريطة . وتتلخص طريقة



شكل رقم (١٠٥)

العمل فى أن الراصد يثبت فى موقع برج البترول وقياس انحراف
الخطأ هرتين ١ ، ب ، وسجل القراءتين . ويرسم على الخريطة اتجاه الشمال
المغناطيسى المار بالنقطة أ والمار بالنقطة ب . ومن هاتين النقطتين يوقع
المنقلة الانحرافات الخلفية للانحرافات الامامية المرصودة عند برج البترول

وذلك باضعة او ضرح ١٨٠ من كل انحراف امامى . يتقاطع الحضان فى نقطة هى موقع برج البترول المطلوب توقيعه (شكل ١٠٥) .

مضلع (ترافيرس) البوصلة :

تستخدم البوصلة بجانب الشريط والشواخص فى رفع المناطق وذلك بانشاء مجموعة من الخطوط المتصلة التى يمكن قياس أطوالها بانسريط واتجاهاتها بالنسبة للشمال المغناطيسى بالبوصلة . وتسمى مجموعة الخطوط بالمضلع أو الترافيرس . والمضلع اما أن يكون مقفلا أى يبدأ من نقطة وينتهى الى نفس النقطة . واما أن يكون مفتوحا حيث يبدأ من نقطة وينتهى عند نقطة أخرى . ويصلح المضلع المقفل فى رفع المناطق التى يصعب قياس خطوط بداخلها كالبحيرات والغابات والمساكن ، أو فى رفع المناطق المتسعة المكشوفة . أما المضلع المفتوح فيصلح للمناطق ذات الامتداد الطولى كالاودية والطرق وشواطئ البحار .

يتم العمل المساحى عند رفع منطقة ما بمضلع البوصلة بالخطوات التالية :

١ - القيام بعملية الاستكشاف لمعرفة امتداد المنطقة وحدودها واتجاهات تلك الحدود بالنسبة لبعضها البعض والظواهر الجغرافية المختلفة .

٢ - رسم الكروكى اللازم للمنطقة .

٣ - اختيار أفضل الاماكن لتثبيت نقط المضلع ودق الاوتاد الخشبية أو الزوايا الحديدية ، وترقيم تلك النقط بالترتيب فى اتجاه عقرب الساعة .

٤ - قياس أطوال خطوط المضلع .

٥ - قياس انحرافات خطوط المضلع .

٦ - قياس انحرافات النقط الخاصة بالتفاصيل عند كل نقطة من نقط المضلع وتسجل فى دفتر الغيظ .

٧ - أو ترفع على خط التفاصيل بطريقة التحشية وتسجل فى دفتر الغيظ (شكل ١٠٦) .

- ۲۰۷ -

شکل رقم (۱۰۶ ج)

ولقياس انحرافات المضلع المقلد أ ب ج د هـ أ يجرى الآتى :

١ - تحتل البوصلة النقطة أ ويوجه الدليل نحو الشاخص الموضوع راسياً في النقطة هـ ، وتعين القراءة انحراف الخط أ هـ . ثم توجه البوصلة نحو شاخص النقطة ب ويعين انحراف الخط أ ب .

٢ - تنقل البوصلة الى النقطة ب وترصد النقطة أ فيتعين الانحراف الخلفى للخط أ ب ثم ترصد النقطة ج فيتعين انحراف الخط ب ج .

٣ - تنقل البوصلة الى باقى النقط فى اتجاه عقرب الساعة ، ويكرر العمل فى توجيهها نحو النقطة السابق احتلالها لتعيين الانحراف الخلفى والنقطة التالية لتعيين الانحراف الامامى ، وتسجل الارصاد فى جدول يسمى بجدول ترافيرس البوصلة .

٤ - في حالة المضلع المفتوح أ ب ج د هـ ، لا ترصد النقطة هـ عند احتلال النقطة ١ لان النقطة هـ في نهاية الترافيرس وقد لا تراها النقطة ١ .

بل يرصد 'انحراف' ، ب . وبسنمر العمل بعد ذلك بنفس طريقة قياس
انحرافات المضلع المقفل حتى النقطة ه .

جدول ترافيرس البوصلة .

الضلع	الطول/م	الانحراف الامامى	الانحراف الخلفى	الفرق	ملاحظات
-------	---------	---------------------	--------------------	-------	---------

مصادر الخطأ فى ترافيرس البوصلة وكيفية تصحيحه :

تتأثر الابرة المغناطيسية بالجاذبية المحلية التى تنشأ عن وجود معادن
تحت سطح الأرض حديدية أو حديد متسبب خدشة أو وجود نبر
كهربية قوى أو حتى وجود دوات مساحية حديدية كإنجنيزير والشوك
والزوايا الحديدية بجوار البوصلة عند العمل . كما تتأثر الارصاد المقاسة
بالخطأ الشخصى فى الرصد أو التوجيه . ولذلك يجب رصد انحراف كل خط
من طرفيه لاكتشاف الجاذبية المحلية أو الخطأ وتقدير قيمته . فإذا كان
الفرق بين الانحراف الامامى والانحراف الخلفى لخط ما هو ١٨٠° كان كل
من الانحرافين صحيحا ، وكانت كل من النقطتين المحددتين للخط غير
متأثرتين بالجاذبية المحلية أما اذا كان الفرق بين الانحرافين الامامى
والخلفى للخط أكبر أو أقل من ١٨٠° فان احدى نهايتى الخط أو كليهما
متأثرة بالجاذبية المحلية أو بالخطأ الشخصى أو بالاثنين معا .

تصحيح الخطأ الشخصى (خطأ التوجيه والقراءة) :

إذا كان الفرق بين الانحراف الامامى والانحراف الخلفى أكبر أو أقل
من ١٨٠° ببضع دقائق أو درجة على الأكثر كان هذا الخطأ ناجما عن الخطأ
فى الرصد أو التوجيه . ويصح بطريقة المتوسطات وذلك بأخذ متوسط
الانحرافين الخاصين بكل خط على حدة . فإذا كان الفرق بين الانحرافين
الامامى والخلفى للخط أكبر من ١٨٠° أجرى التصحيح بطرح نصف الفرق
من ١٨٠° من الانحراف الأكبر وإضافة نصف الفرق عن ١٨٠° الى الانحراف
الأقل .

الانحراف الامامى لخط : ٤٤ ١٤٥

الانحراف الخلفى : ٤٤ ٣٢٦

الفرق : ٠٠ ١٨١

نصف الفرق عن ١٨٠ : ٣٠ ٠٠

الانحراف الخلفى مصحح : ٤٤ ٣٢٦ - ٣٠ ٠٠ = ١٤ ٣٢٦

الانحراف الامامى مصحح : ١٤ ٣٢٦ - ٠٠ ١٨٠ = ١٤ ١٤٦

واذا كان الفرق بين الانحرافين الامامى والخلفى للخط اقل من ١٨٠
اجرى التصحيح باضافة نصف الفرق عن ١٨٠ الى الانحراف الاكبر وطرحه
من الانحراف الاقل .

الانحراف الامامى لخط : ٣٠ ١٩٠

الانحراف الخلفى : ٣٠ ١١

الفرق : ٠٠ ١٧٩

نصف الفرق عن ١٨٠ : ٣٠ ٠٠

الانحراف الامامى مصحح : ٣٠ ١٩٠ + ٣٠ ٠٠ = ٠٠ ١٩١

الانحراف الخلفى مصحح : ٣٠ ١١ - ٣٠ ٠٠ = ٠٠ ١١

تصحيح خطأ الجاذبية المحلية :

ينتج عن وجود الجاذبية المحلية أن تصدر الانحرافات المرصودة من
اتجاه مخالف لاتجاه الشمال المغناطيسى . ويكون كل انحراف مقاس من
نقطة معينة متأثرا بنفس قيمة الخطأ المتأثر بها الانحرافات الاخرى المقاسة
من نفس النقطة . ولتصحيح هذا الخطأ نبحت عن خط غير متأثر بالجاذبية
المحلية ، أى أن الفرق بين الانحرافين الامامى والخلفى = ١٨٠ . وهذا
يعنى أن النقطتين المحددتين للخط غير متأثرتين بالجاذبية المحلية ، وبالتالي
فان الانحرافات المرصودة من كل واحدة منهما صحيحة . فاذا كان الانحراف
المرصود من النقطة الاولى أماميا يمكن حساب الانحراف الخلفى باضافة أو
طرح ١٨٠ ، وكذلك اذا كان الانحراف المرصود من النقطة الثانية خلفيا

فيمكن حساب الانحراف الامامى باضافة او طرح 180° وبمقارنة الانحراف المحسوب بالانحراف المرصود فعليا ينتج لنا قيمة خطأ الجاذبية المحلية . وتضاف قيمة هذا الخطأ الى الانحراف الصادر عن النقطة اذا كان الانحراف المرصود أقل من المحسوب والعكس صحيح أى تطرح قيمة الخطأ من الانحراف الصادر من النقطة اذا كان الانحراف المرصود أكبر من الانحراف المحسوب .

مثال : الجدول التالى يبين أرصاد ترافيرس أ ب ج د ه أ ومطلوب تصحيحه :

الخط	الانحرافات المرصودة		الفرق	الانحرافات المصححة	
	أمامى	خلفى		أمامى	خلفى
أ ب	$60^\circ 10'$	$243^\circ 15'$	$183^\circ 50'$	$62^\circ 40'$	$242^\circ 40'$
ب ج	$123^\circ 30'$	$302^\circ 55'$	$179^\circ 25'$	$302^\circ 55'$	$302^\circ 55'$
ج د	$209^\circ 00'$	$29^\circ 00'$	$180^\circ 00'$	$209^\circ 00'$	$29^\circ 00'$
د ه	$286^\circ 00'$	$104^\circ 15'$	$181^\circ 45'$	$286^\circ 00'$	$106^\circ 00'$
ه أ	$334^\circ 15'$	$153^\circ 30'$	$180^\circ 45'$	$336^\circ 00'$	$156^\circ 00'$

باستخراج الفرق بين الانحرافات الامامية والخلفية المرصودة نلاحظ أن الخط ج د غير متأثر بالجاذبية المحلية لان الفرق بين الانحراف الامامى والانحراف الخلفى $= 180^\circ$. يبدأ التصحيح من أحد طرفيه لان الانحرافات المرصودة من كل منهما صحيحة . أى أن الانحراف الخلفى للخط ب ج صحيح ، والانحراف الامامى للخط د ه صحيح أيضا . وبصفة عامة تكون الانحرافات المرصودة من ج ، د صحيحة سواء كانت لنقط المضع أو لنقط ظواهر ومعالم جغرافية أخرى .

يبدأ التصحيح من نقطة د فى اتجاه عقرب الساعة، وحيث أن الانحراف الامامى للخط د ه صحيح وهو $286^\circ 00'$ فان الانحراف الخلفى له يكون $286^\circ 00' - 110^\circ 00' = 176^\circ 00'$. ولكن الانحراف الخلفى المرصود من النقطة ه هو $104^\circ 15'$ اذن هذا الانحراف صدر من اتجاه خطأ، وحيث أن مقدار التصحيح = الانحراف الصحيح المحسوب - الانحراف الخطأ

المرصود : قيمة الجاذبية المحلية عند النقطة ه = $١٠٦٠٠ - ١٠٤١٥ =$
 ١٤٥٠ وتضاف هذه القيمة الى كل الارصاد المأخوذة عند النقطة ه .
 وعلى هذا فان الانحراف الامامى للخط ه ا يجب أن يزيد بمقدار ١٤٥٠
 فيصبح $٣٣٤١٥ + ١٤٥٠ = ٣٣٦٠٠$ ويكون الانحراف الخلفى لهذا
 الخط الخط هو $٣٣٦٠٠ - ١٨٠٠٠ = ١٥٦٠٠$ ولكن الانحراف
 الخلفى المرصود لهذا الخط هو ١٥٣٣٠ مما يدل على أن الاتجاه الذى
 صدر منه الانحراف اتجاه خاطئ ، ويكون التصحيح الواجب اضافته على
 الانحرافات المأخوذة من النقطة ا هو $١٥٦٠٠ - ١٥٣٣٠ = ٢٣٠$.
 ويصبح الانحراف الامامى للخط ا ب = $٦٠١٠ + ٢٣٠ = ٦٢٤٠$ ،
 والانحراف الخلفى للخط ا ب = $٦٢٤٠ + ١٨٠٠٠ = ٢٤٢٤٠$
 ولكن الانحراف الخلفى المرصود للخط ا ب هو ٢٤٣١٥ أى أنه صدر من
 اتجاه خاطئ بمقدار الفرق بين الانحراف الخلفى الصحيح المحسوب
 والانحراف الخلفى المرصود ، وعليه يجب أن تنقص الانحرافات المقاسة من
 النقطة ب بمقدار هذا الفرق . ويصبح الانحراف الامامى للخط ب ج
 $١٢٣٣٠ - ٣٥٠٠ = ١٢٢٥٥$ ، ويكون الانحراف الخلفى الصحيح
 له هو $١٢٢٥٥ + ١٨٠٠٠ = ٣٠٢٥٥$ ويتفق هذا الانحراف الخلفى
 المحسوب مع الانحراف الخلفى المرصود لنفس الخط من النقطة ح التى
 تنعدم فيها الجاذبية المحلية .

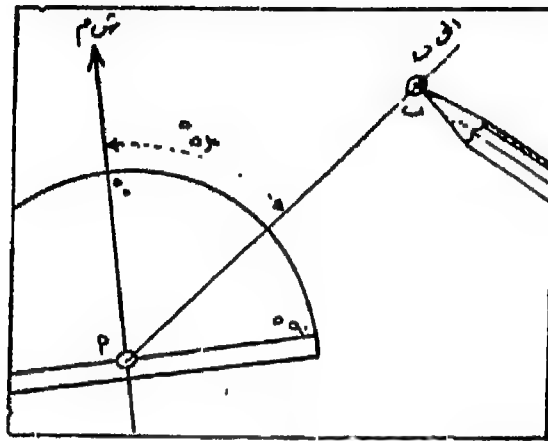
ملحوظة هامة : اذا لم يكن هناك خط خال من الجاذبية المحلية اى
 لا يوجد خط فى المضلع الفرق بين انحرافه الامامى والخلفى ١٨٠ ، يصحح
 الخط الذى يكون الفرق بين انحرافيه الامامى والخلفى اقرب ما يمكن من
 ١٨٠ بطريقة المتوسطات ويعتبر أساسا لتصحيح بقية الخطوط .

طريقة توقيع المضلع (الترافيرس) :

وبعد تصحيح المضلع حسابيا من تأثير الجاذبية المحلية أو خطأ التوجيه
 والقراءة يمكن توقيعها على النحو التالى :

تعين نقطة الابتداء ا فى مكان مناسب من اللوحة يسمح بتوقيع باقى

خطوط المضلع والتفاصيل المحيطة به . ثم يرسم خط يمثل الشمال المغناطيسى
ثم يرسم بالمنقلة الاتجاه أ ب بحيث يصنع مع خط الشمال الانحراف الامامى
المصحح للخط أ ب . يوقع على هذا الاتجاه الطول أ ب بمقياس رسم مناسب
فتحدد النقطة ب . يرسم مستقيما عند النقطة ب يمثل الشمال المغناطيسى
وموازيا للشمال المرسوم عند النقطة أ ، ومنه يوقع ب نقطة الاتجاه ب ج
المصحح وتعين عليه النقطة ح حسب المسافة ب ح وب نفس مقياس الرسم ،
وهكذا حتى العودة للنقطة أ نقطة الابتداء مرة أخرى (شكل ١٠٧) .



شكل رقم (١٠٧)

تصحيح خطأ توقيع المضلع (خطا القفل) :

يحدث غالبا عند توقيع المضلع على الخريطة بواسطة المنقلة والمسطرة
أن لاتنطبق نقطة الانتهاء على نقطة الابتداء فى حالة المضلع المقفل ، كما
لا تنطبق نقطة انتهاء المضلع المفتوح عند النقطة التى يجب الانتهاء عندها
وهى نقطة معلوم احداثياتها السينية والصادية . وينجم هذا الفرق نتيجة
تراكم أخطاء طفيفة فى توقيع زوايا الانحراف وأطوال الاضلاع . ويعرف
هذا الخطأ بخطا القفل ويصحح كالتالى :

إذا كان أ ب ج د هـ و أ هو المضلع بعد توقيع بمقياس رسم مناسب
والخط أ أ يمثل خطا القفل ، من الواضح يجب أن تنطبق أ على أ حتى

العلاقة بين الشمال المغناطيسى والشمال الجغرافى :

تنشأ الخرائط الجغرافية على أساس الشمال الجغرافى بينما يتم العمل المساحى بالبوصله على أساس الشمال المغناطيسى . والشمال الجغرافى أو الحقيقى هو الخط المار بالقطين الشمالى والجنوبى للارض ، واتجاه هذا الخط ثابت عند أى نقطة على سطح الارض . أما الشمال المغناطيسى فهو الاتجاه الذى تتخذه الابرة المغناطيسية ، وهذا الاتجاه دائم التغير . وينحرف الشمال المغناطيسى بزاوية تقع الى الشرق أو الى الغرب من الشمال الجغرافى وتسمى هذه الزاوية بدرجة الاختلاف المغناطيسى . ويجب على الجغرافى عند قيامه بالعمل المساحى بالبوصله أن يحول الانحرافات المغناطيسية المصححة الى انحرافات جغرافية حتى يمكنه ربط خريطته النهائية لمنطقة الدراسة بالخرائط الجغرافية المجاورة .

وتقوم المراصد فى انحاء العالم برصد درجة الاختلاف المغناطيسى ومقدار التغير السنوى لها واتجاه هذا التغير بالنسبة للشمال الجغرافى . وبذلك تعرف المواقع التى تتساوى فيها درجة الاختلاف المغناطيسى، وتوصل تلك المواقع بخطوط تبين قيمة هذه الدرجة تسمى بالخطوط الايزوجونية . أما المواقع التى ينطبق فيها الشمال المغناطيسى على الشمال الجغرافى أى أن درجة الاختلاف المغناطيسى تساوى صفر فيتم توصيلها بخطوط تسمى بالخطوط الأوجونية .

ولتحويل الانحرافات المغناطيسية الى انحرافات جغرافية لابد من معرفة قيمة درجة الاختلاف المغناطيسى وتاريخها ومعدل تغيرها السنوى واتجاه هذا التغير . فإذا كانت درجة الاختلاف المغناطيسى عام ١٩٧٢ $٦^{\circ} ٢٢'$ غربا ومعدل تغيرها $١٢'$ شرقا ، فهذا يعنى أن الشمال المغناطيسى يتحرك نحو الشرق أى مقتربا من الشمال الجغرافى بمقدار ١٢ دقيقة سنويا . وعلى هذا يمكن حساب درجة الاختلاف المغناطيسى عام ١٩٨٥ على النحو التالى :

درجة الاختلاف المغناطيسى عام ١٩٨٥ = $٦^{\circ} ٢٢' - ١٢' \times ١٣$ سنة الفرق
بين (١٩٨٥ ، ١٩٧٢) .

$$٢٠٣٦ - ٦٠٢٢ =$$

$$= ١٤٦٣ \text{ غربا}$$

فإذا كان لدينا انحراف مغناطيسي مصحح قدره $٦٢^\circ ٤٠'$ فإن الانحراف الجغرافي له (شكل ١٠٩) :

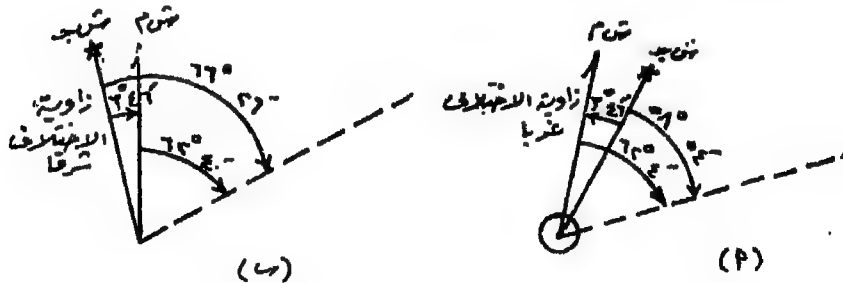
$$\text{الانحراف الجغرافي} = ٦٢^\circ ٤٠' - ٣^\circ ٤٦' = ٥٨^\circ ٥٤'$$

أما إذا كانت درجة الاختلاف المغناطيسي شرقا فإن الانحراف الجغرافي (شكل ١٠٩ ب) :

$$\text{الانحراف الجغرافي} = ٦٢^\circ ٤٠' + ٣^\circ ٤٦' = ٦٦^\circ ٢٦'$$

وبصفة عامة الانحراف الجغرافي = الانحراف المغناطيسي \pm درجة الاختلاف المغناطيسي وتكون الإشارة بالموجب إذا كانت درجة الاختلاف المغناطيسي شرقا وبالسالب إذا كانت غربا .

ولذلك يجب قبل توقيع المضلع وتصحيح خطأ القفل أن تحول الانحرافات المغناطيسية المصححة الى انحرافات جغرافية ويرسم المضلع على أساس الانحرافات الجغرافية .



شكل رقم (١٠٩)

الفصل التاسع

المساحة باللوحه المستوية

يطلق اسم المساحة المستوية على مجموعة من الادوات الهندسية التى تستعمل مع بعضها للقيام بالعمل المساحى فى رفع المناطق وتوقيعها على لوحه من الورق بمقياس رسم مناسب ، حيث تنتج الخريطة المطلوبة فى الحقل مباشرة دون الحاجة الى عملية توقيع مستقلة . بمعنى أن عمليتى الرفع والتوقيع تتمان معا فى نفس الوقت . وتتميز المساحة باللوحه المستوية عن بقية العمليات المساحية الاخرى بـ :

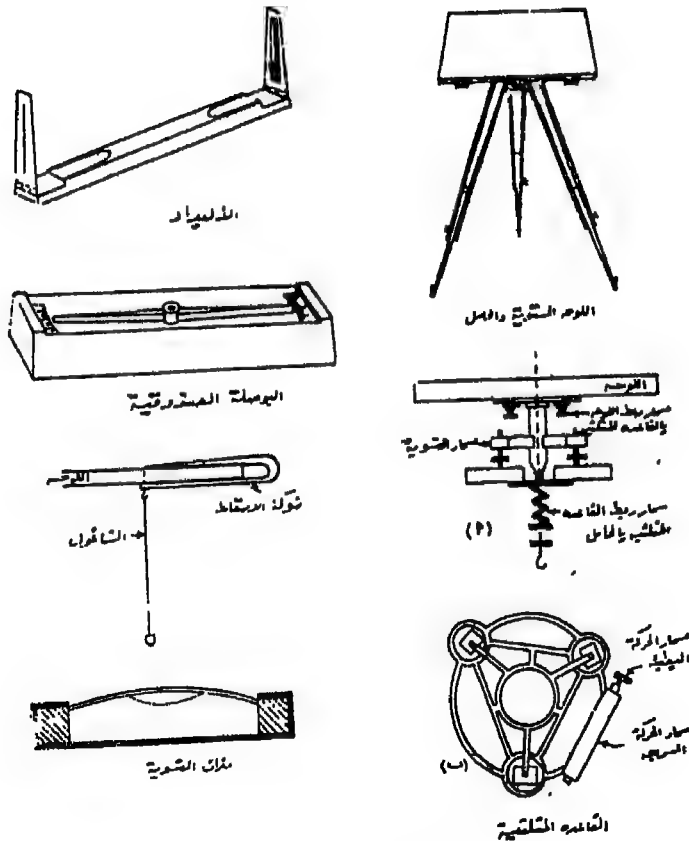
- ١ - تؤخذ جميع المعلومات والبيانات اللازمة لرسم الخريطة اثناء العمل الحقلى وترسم مباشرة .
 - ٢ - يتم تحقيق العمل المساحى بالحقل اثناء عمليتى الرفع والتوقيع ، اذ يمكن اكتشاف الخطأ بسهولة واعادة القياس وتصحيحه .
 - ٣ - لا تقاس زوايا وبذلك يتلافى احتمال الخطأ فى تدوين الارصاد .
 - ٤ - يتلافى قياس ارصاد زائدة عن الحاجة .
 - ٥ - تعتبر من أسرع طرق الرفع ولا تحتاج الا لمعرفة بسيطة لاستعمالها وان كانت تحتاج الى خبرة كبيرة .
- ولكن من عيوبها :

- ١ - لا تستعمل فى مناطق الغابات ويفضل عليها البوصلة .
- ٢ - لا تلائم العمل فى الظروف الجوية القاسية كالجو الممطر أو الرياح الشديدة أو الجو كثير الاتربة .
- ٣ - أدوات العمل كثيرة وتشغل حيزا كبيرا .

٤ - يتطلب العمل المساحى الحقلى وقتا طويلا اذا ما قورن بالطرق المساحية الاخرى ، ولو انها توفر الكثير من عمل المكتب ، غير ان اعمال الحقل تكون عادة اشق من اعمال المكتب .

الادوات المستخدمة فى المساحة باللوحه المستوية (شكل ١١٠) :

١ - اللوحه : تشبه لوحه الرسم وتصنع من الخشب المتين مستوى السطح ومقواه بعوارض معدنية من اسفل . ويتراوح ابعادها بين ٥٠×٤٠ سم ، ٦٠×٨٠ سم . ومثبت فى السطح السفلى شريحة معدنية ذات ثلاث شعب الغرض منها تثبيت القاعدة المثلثية بها . وتثبت لوحه الرسم عليها اما بالدبابيس او بمشابك معدنية خاصة او بالسوليتيب .



شكل رقم (١١٠)

٢ - القاعدة المثلثية : وهى عبارة عن شريحتين معدنيتين مثلثتى الشكل بينهما ثلاثة مسامير مَحَوَاه تسمى بمسامير التسوية ، كل مسمار عند رأس من رؤوس المثلث . والغرض من تلك المسامير جعل اللوحة أفقية عند العمل . ويتصل بهذه القاعدة مسماران أحدهما يسمح بتحريك اللوحة من المستوى الافقى حركة سريعة والاخر يسمح بالحركة البطيئة بعد ربط المسمار الاول .

٣ - الحامل الثلاثى : وهو حامل ذو ثلاثة أرجل الغرض منه حمل اللوحة على ارتفاع مناسب للراصد عند العمل ، ويربط رأس الحامل بالقاعدة المثلثية بواسطة مسمار ربط كبير حتى لا تحدث حركة دورانية للوحة أثناء العمل .

٤ - ميزان تسوية : وهو ميزان طولى عبارة عن أنبوبة زجاجية غير مملوءة تماما بالاثير ولذلك توجد بها فقاعة هوائية . وتثبت هذه الانبوبة فوق قاعدة معدنية مستوية .

٥ - شوكة الاسقاط : وتسمى أحيانا بمقص التسامت ، وتتركب من ذراعين ، يوجد بالذراع السفلى خطاف لتعليق خيط الشاغول ، وينتهى الذراع العلوى بسن مدبب بحيث يكون خيط الشاغول والطرف الخارجى للسن المدبب فى مستوى رأسى واحد . والغرض من هذه الشوكة تحديد مواقع النقط من الطبيعة على لوحة الرسم .

٦ - البوصلة الصندوقية : عبارة عن علبة متوازية المستطيلات بداخلها ابرة مغناطيسية لتحديد اتجاه الشمال المغناطيسى على لوحة الرسم ، ولا تستخدم لقياس الانحرافات .

٧ - الاليداد : ويستعمل فى رصد النقط وبيان اتجاهات الخطوط فى الطبيعة وتوقيعها على الزرق . وللإلیداد أنواع عديدة تتفاوت من حيث الدقة وسهولة العمل . وأبسط أنواع الاليداد يتكون من مسطرة خشبية أو معدنية لها حافة مستقيمة تماما ، ويتصل بها اتصالا مفصليا عند طرفيها ذراعان يمكن رفعهما فتصيران عموديتان على مستوى اللوحة . ويوجد بالذراع الاول شرخ رأسى ، وفى الذراع الثانى شباك بوسطه شعرة رأسية .

فاذا نظر الراصد من الشرخ الرأسى الى الشعرة وجعل خط النظر يتجه الى الهدف المرصود فان الخط الموقع على ورقة الرسم امام حافة المسطرة يكون منطبقا على اتجاه خط النظر المتجه الى الهدف . أى أنه يمثل اتجاه الخط الواصل بين موضع اللوحة والهدف المرصود . ويمكن استعمال هذا النوع من الاليداد فى رصد المسافات القصيرة .

اما اذا كانت المسافة بين الهدف المرصود وموضع اللوحة كبيرة يفضل عندئذ استعمال الاليداد ذى المنظار . ويتركب هذا الاليداد من منظار مساحى يمكن ادارته فى المستوى الرأسى حول محور أفقى مثبت فى قائم رأسى من المعدن . وهذا القائم مثبت فى مسطرة أفقية لها حلقة مستقيمة . والمنظار مركب بطريقة تجعل خط النظر فيه واقعا فى مستوى عمودى يقطع سطح المسطرة عند حافتها .

الشروط اللازمة للرفع باللوحة المستوية :

١ - أفقية اللوحة باستعمال ميزان التسوية .

٢ - التسامت باستعمال شوكة الاسقاط .

٣ - التوجيه الاساسى كى تكون الخطوط المرسومة على ورقة الرسم موازية لنظائرها فى الطبيعة .

طريقة استعمال اللوحة المستوية :

تركب اللوحة على الحامل ، وتثبت أرجل الحامل فى الارض جيدا ، ثم تضبط أفقية اللوحة بميزان التسوية وبمسامير التسوية فى القاعدة المثلثية . ترفع أول نقطة من الطبيعة على الورقة بشوكة الاسقاط (عملية التسامت) بحيث تكون فى وضع مناسب على الورقة يسمح بأن تقع جميع نقاط المنطقة ومعالمها فى فراغ الورقة ، ثم يعين اتجاه الشمال المغناطيسى بواسطة البوصلة . وعند الانتهاء من أخذ الارصاد وتوقيعها فى النقطة الاولى تنقل اللوحة الى النقطة الثانية وتوجه توجيهها أساسياً ثم ترفع المعالم المجاورة لهذه النقطة ، ثم تنقل اللوحة الى النقطة الثالثة وهكذا حتى ينتهى العمل .

طرق الرفع باللوحة المستوية :

توجد عدة طرق لاستعمال اللوحة المستوية فى رفع المناطق ، وتؤدى جميعها الى الغرض المطلوب منها وهو الخريطة . وتفصل احدى الطرق على غيرها نتيجة للظروف الطبيعية فى منطقة العمل والوقت والجهد اللازمين لاتمام العمل المساحى المطلوب على الوجه الاكمل . وفيما يلى استعراض لهذه الطرق :

اولا - طريقة الاشعاع : وهى أبسط الطرق وأسهلها وفيها تحتل اللوحة نقطة واحدة يمكن رفع المنطقة كلها منها .

طريقة العمل : تتلخص طريقة العمل فى الخطوات التالية :

١ - توضع اللوحة فوق النقطة م بحيث يمكن رؤية جميع نقط حدود المنطقة المراد رفعها ومعالمها الجغرافية . وبفرض أن حدود المنطقة هى أ ، ب ، ج ، د ، هـ .

تعيين النقطة م على اللوحة بواسطة شوكة الاسقاط .

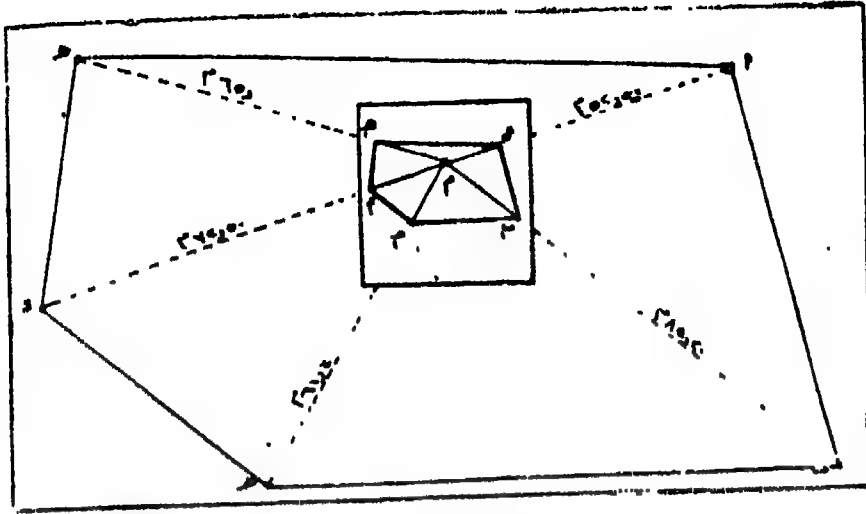
٣ - ترسم أشعة من النقطة م الى أ ، ب ، ج ، د ، هـ بواسطة الاليداد ، وذلك بتثبيت دبوس فى وضع رأسى تثبتا جيدا فى م وتكون حافة الاليداد عند توجيه النظر الى النقط المختلفة فى وضع تماس مع الدبوس ، وعندئذ تكون خطوط النظر الموجه الى النقط مسامتة لنظائرها فى الطبيعة .

٤ - تقاس الاطوال م أ ، م ب ، م ج ، م د ، م هـ بالشريط .

٥ - توقع الاطوال المقاسة بمقياس رسم مناسب فتحدد النقط أ ، ب ، ج ، د ، هـ وهى نقطة حدود المنطقة . توصل هذه النقط بعضها ببعض فيتكون شكل المنطقة .

٦ - تجرى عملية التحشية للتفاصيل على كل خط من خطوط حدود المنطقة ، او توجه الاليداد الى حدود المعالم الجغرافية المختلفة وتقاس المسافة على الطبيعة من نقطة م الى تلك الحدود وتوقع بمقياس الرسم ،

وتوصل بعضها ببعض فيتكون في النهاية الخريطة المطلوبة للمنطقة (شكل ١١١) .



شكل رقم (١١١)

ثانيا - طريقة التقاطع : تتميز هذه الطريقة بتفادى قياس المسافات، وتستخدم في رفع المناطق ذات الامتداد الطويل كالشواطىء والترع والطرق . وفى هذه الطريقة يختار خطا يسمى خط القاعدة وهو الخط الوحيد الذى سيقاس . وهذا الخط اما أن يكون خطا مستقلا داخل حدود المنطقة المراد رفعها أو خارجها أو يكون أحد أضلاع المنطقة . ويراعى عند اختيار ذلك الخط امكان رؤية كافة نقاط حدود المنطقة ومعالمها الجغرافية من طرفيه . كذلك امكان احتلال طرفيه باللوحة المستوية .

طريقة العمل : تتلخص طريقة العمل فى الخطوات التالية :

- ١ - ينتخب خط قاعدة س ص (شكل ١١٢) فى وضع مناسب للمنطقة المراد رفعها بحيث يمكن رصد النقاط المختلفة من س ومن ص .
- ٢ - توضع اللوحة فوق س وتعين س_١ فى وضع مناسب على الورقة بواسطة شوكة الاسقاط .
- ٣ - ترصد النقطة ص وتقاس المسافة س ص على الطبيعة وتعين النقطة ص_١ على الورقة بمقياس رسم مناسب .

٤ - ترصد نقطة حدود المنطقة ١ ، ب ، ج ، د ، هـ وكذلك المعالم الجغرافية المختلفة ، وترسم على الورقة أشعة فقط من س ١ الى تلك النقاط والمعالم .

٥ - يعين اتجاه الشمال المغناطيسى بالبوصلة الصندوقية .

٦ - تنقل اللوحة الى النقطة ٦ . وتوجه توجيهها أساسيا ، أى تكون ص ١ فوق ص ، والأشعة المرسومة من س ١ الى حدود المنطقة ومعالمها موازية لنظائرها على الطبيعة ، وتكون الابرة المغناطيسية متجهة نحو الشمال تماما عند وضع حافة علبتها على خط الشمال المرسوم على الورقة واللوحة فوق النقطة س . ولأحرء ذلك يتبع الآتى :

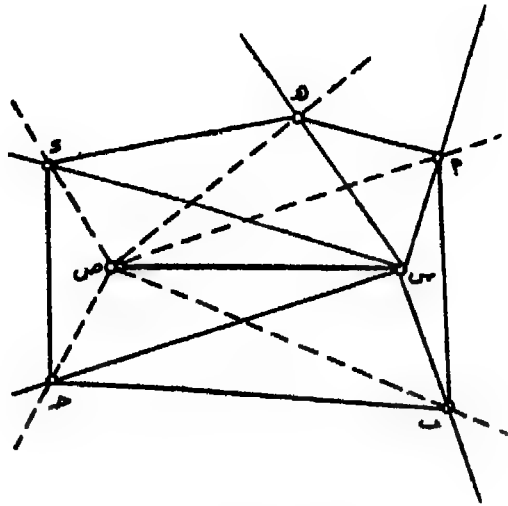
١ (تثبت لنوحة فوق نقطة ص بحيث تكون فى وضع رأسى تماما مع ص ١ ، ويستعمل فى ذلك شوكة الاسقاط وذلك بوضع سن الشوكة عند ص ١ بينما ثقل الشاغول فوق مركز الوند ص .

ب) تسوى أفقية اللوحة تماما بواسطة مسامير التسوية فى القاعدة المثلثية .

ج) يثبت دبوسين فى كل من س ١ ، ص ١ وتوضع حرف مسطرة الاليداد مماسة لهما أى تكون مماسة للخط س ١ ص ١ ثم يفك مسار الحركة السريعة فى القاعدة المثلثية وتدار اللوحة فى المستوى الافقى حتى يتجه خط النظر فى الاليداد الى النقطة س فى الطبيعة . وبذلك يكون الخط س ١ ص ١ على الورقة مسامتا للخط س ص على الطبيعة . وعندئذ تكون اللوحة موجهة توجيهها أساسيا ويمكن استئناف العمل .

د) للتأكد من صحة عملية التوجيه الاساسى توضع حافة علبة البوصلة على خط الشمال السابق رسمه ، فاذا كانت الابرة تشير الى الشمال فى هذا الوضع يكون العمل سليما .

٧ - بعد عملية التوجيه الاساسى ترصد من ص نقط حدود المنطقة ومعالمها وترسم أشعة اليها من ص (أى الى النقاط السابق رصدها من س) .



شكل رقم (١١٢)

يتقاطع كل شعاعين صادرين من س ، ص لكل نقطة على الورقة فتتحدد تلك النقطة . توصل النقط بعضها ببعض فتتحدد المنطقة المراد رفعها ومعالمها الجغرافية .

ثالثا - طريقة اللف والدوران : تفضل هذه الطريقة عند انشاء الخرائط التفصيلية ذات مقياس الرسم الكبير اذ يمكن رفع وتوقيع النقط من الطبيعة بدقة كبيرة . وتصلح عندما توجد موانع تحجب رؤية النقط من بعضها . ولكن يشترط عند العمل بهذه الطريقة أن ترى كل نقطة النقطة السابقة والنقطة اللاحقة لها ، كما يمكن قياس المسافة بين كل نقطتين متتاليتين قياسا مباشرا بالشريط .

طريقة العمل : تتبع الخطوات التالية عند اجراء طريقة اللف والدوران :

١ - تنتخب النقط التي تحدد حدود المنطقة مثل ا ، ب ، ج ، د ، هـ ، و (شكل ١١٣) .

٢ - توضع اللوحة فوق النقطة ا وتسوى أفقيتها وتحدد ا على الورقة بشوكة الاسقاط في وضع مناسب للمنطقة المراد رفعها بالنسبة لموقع النقطة ا منها . يثبت دبوس في وضع رأسى في النقطة ا .

٣ - ترصد النقطة ب بالانيداد بحيث تكون حافتها ملاصقة للدبوس ،
رتقاس المسافة ا ب على الطبيعة وتوقع بمقياس رسم مناسب على الورقة
فتتحدد النقطة ب . وكذلك ترصد النقطة و وتقاس المسافة ا و . وتتحدد
النقطة و بنفس مقياس الرسم .

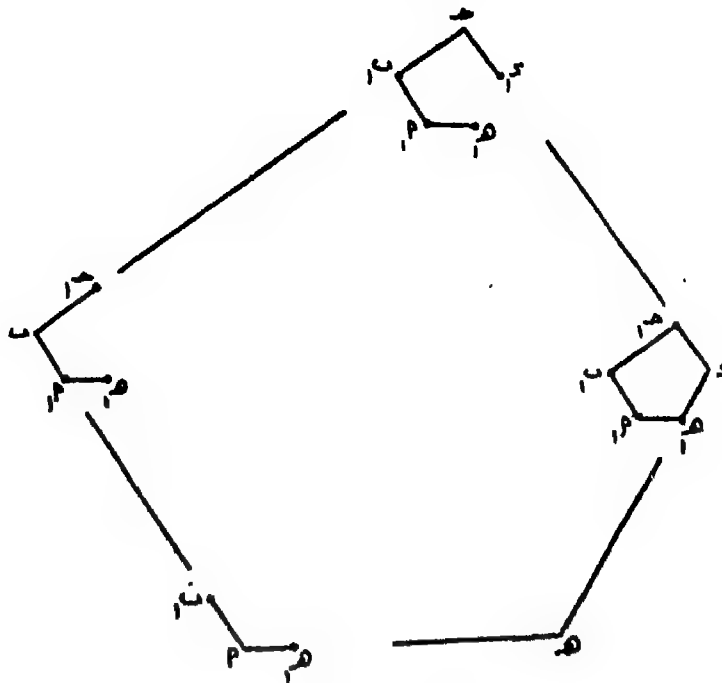
٤ - يعين اتجاه الشمال المغناطيسى بالبوصلة الصندوقية لمساعد فى
عملية التوجيه الاساسى .

٥ - تنقل اللوحة الى النقطة ب وتسوى أفقيتها وتوجه توجيهها أساسيا
اى يكون ا ب على الورقة مسامتا للخط ا ب على الطبيعة ، والنقطة ب
فى مستوى رأسى واحد مع النقطة ب . ثم ترصد النقطة ح بالانيداد ويرسم
اليها شعاع ، وتقاس المسافة ب ح وتوقع بنفس مقياس الرسم على الورقة
فتتحدد النقطة ح .

٦ - تنقل اللوحة الى النقطة ح وتسوى أفقيتها وتوجه توجيهها أساسيا
وترصد النقطة د وتقاس لمسافة ح د وتتحدد النقطة د . وهكذا تنتقل
اللوحة من نقطة الى النقطة التالية لها ، وفى كل مرة تجرى عملية التوجيه
الاساسى برصد النقطة السابقة ورصد توقييع النقطة التالية حتى الوصول الى
النقطة هـ ، ويرسم منها الشعاع هـ و وتتحدد عليه النقطة و التى يجب
ان تنطبق على النقطة و السابق تعيينها على الورقة عند وضع اللوحة
المستوية اول مرة فى النقطة ا ، ويكون ذلك دليلا على صحة العمل .

اما اذا لم يحدث ذلك فتعين النقطة و ويكون البعد و هو مقدار
خطا القفل . فاذا كانت نسبة خطا القفل فى حدود المسموح به فانه يمكن
اعتبار العمل صحيحا ، ويوزع على جميع النقط باستعمال طريقة تصحيح
خطا القفل التى سبق شرحها فى مضع البوصلة . ونسبة الخطا عبارة عن
كسر اعتيادى بسطه طول خطا القفل بالامتار ومقامه مجموع أطوال
الخطوط المقاسة بالامتار أيضا . ويجب ألا تزيد النسبة عن ١/١٠ فى المناطق
المضرة ، ١/٢٠ فى الاراضى السهلية . أما اذا كان الخطا فى حدود غير
مسموح بها فيجب اعادة العمل المساحى كله . ويكون هذا الخطا ناتج

اساسا من عدم الدقة فى اجراء عملية التوجيه الاساسى وقياس المسافات .



شكل رقم (١١٣)

رابعا - طريقة التقاطع العكسى : تشبه هذه الطريقة طريقة التقاطع الا
أنها تختلف عنها فى أن تقاطع الشعاعين المحددين للنقطة يتم فى مكان
اللوحه . ولا يفضل استعمال تلك الطريقة فى انشاء الخرائط كبيرة المقياس .
ومن مميزاتها أنه يمكن الاستغناء عن قياس أغلب الخطوط المحددة للمنطقة
كما تختصر عملية التوجيه الاساسى الى حد ما ، كما يمكن تحقيق العمل
فى الحقل مباشرة . وتتلخص طريقة التقاطع العكسى فى امكان تحديد نقطة
جديدة (موقع اللوحه) بمعلومية نقطتين فى الطبيعة موقعتين على ورقة
الرسم .

طريقة العمل : تتلخص طريقة العمل فى الخطوات التالية :

- ١ - تنتخب النقط التى تحدد المنطقة مثل ا ، ب ، ج ، د ، هـ
(شكل ١١٤) .

٢ - توضع اللوحة فوق النقطة أ وتسوى أفقيتها وتحدد أ على الورقة بتسوية الاستطاف في وضع مناسب للمنطقة . ويثبت دبوس في وضع رأسى في أ .

٢ - ترصد النقطة ب بالانيداد ويرسم الشعاع من النقطة أ ناحية النقطة ب ولا تحدد النقطة ب لأنه قد لا يمكن قياس المسافة أ ب على الطبيعة .

٣ - ترصد النقطة ه بالانيداد ويرسم شعاع اليها وتقاس المسافة أ ه وتوقع بمقياس رسم مناسب فتحدد النقطة ه على الورقة .

٤ - تنقل اللوحة الى النقطة ب وتسوى أفقيتها وتسامت بحيث تكون النقطة ب على الطبيعة واقعة في المستوى الرأسى المار بالشعاع المرسوم من أ ناحية النقطة ب ، أى يكون سن شوكة الاسقاط على أى نقطة على هذا الشعاع وثقل الشاغول فوق مركز الوند ب ، وبحيث تبعد هذه النقطة عن أ بمسافة الطول أ ب تقريبا . توضع حافة مسطرة الانيداد فوق الشعاع المرسوم من أ الى النقطة ب ، وتدار اللوحة في المستوى الأفقى حتى ينطبق خط النظر على النقطة أ السابق الوقوف عليها ، فتكون اللوحة حينئذ موجهة توجيهها أساسيا .

٥ - يثبت دبوس في وضع رأسى في النقطة ه وتوضع حافة مسطرة الانيداد ملاصقة له وترصد النقطة ه في الطبيعة ويرسم شعاع الى الخلف من ه فيتقاطع مع الشعاع المرسوم من أ ناحية النقطة ب فتحدد النقطة ب الواقف فوقها الجهاز .

٦ - يثبت دبوس في وضع رأسى في ب ويوجه خط النظر نحو النقطة ح ويرسم الشعاع من ب ناحيتها ولا تحدد النقطة ح عليه .

٧ - تنقل اللوحة الى النقطة ح وتسوى أفقيتها وتسامت بحيث تكون النقطة ح على الطبيعة واقعة في المستوى الرأسى المار بالشعاع المرسوم من ب ناحيتها ، ثم يوجه الشعاع ناحية النقطة ب بالانيداد . ويثبت دبوس في النقطة ه التي يمكن رؤيتها من ح أو في النقطة أ اذا لم يمكن رؤيتها

أول ، وحتى يمكن ضم النواحي المتجاورة الى بعضها البعض . وهذا الهيكل عبارة عن مجموعة من النقاط الثابتة التى تكون فيما بينها مجموعة من المثلثات . وتنشأ هذه المثلثات اما بطريقة الرسم المباشر بواسطة اللوحة المستوية او يتم حسابها عن طريق قياس بعض الاضلاع وجميع زوايا الاشغال المثلثية بجهاز التيودوليت .

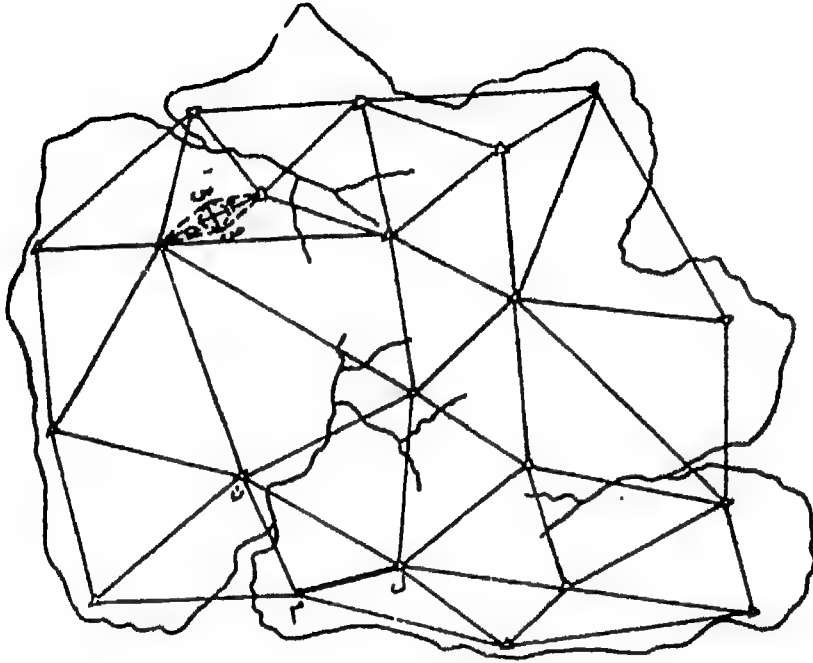
استخدام البلانشيطة فى المساحة بالمثلثات الشبكية :

يتخذ من البعد بين نقطتين ثابتتين أساسا لعملية الرفع ، ويعتبر هذا البعد خط قاعدة تقام عليه مثلثين يشتركان فى تكوين شكل رباعى ويمكن حساب طول القطر الثانى له . ويتخذ من كل ضلع من اضلاع المثلثين ومن القطر المحسوب خط قاعدة تنشأ عليها مثلثات أخرى حتى تغطى المنطقة وأسهل الطرق التى يمكن استخدامها فى تعيين النقاط المختلفة طريقة التقاطع . وبصفة عامة يمكن تلخيص مراحل العمل فيما يلى :

١ - تعيين وقياس خط القاعدة : لما كان خط القاعدة هو الأساس فى إقامة شبكة المثلثات التى تغطى المنطقة وهو الخط الوحيد الذى يقاس قياسا مباشرا ، لذا ينبغى قياسه بمنتهى الدقة والعناية . يجب أن يكون سطح الأرض مستويا قدر الامكان بين طرفى الخط ، كما يمكن رؤية نهايتيه بسهولة من النقاط المجاورة التى تكون رؤوس المثلثات . ويقاس خط القاعدة بشريط صلب أو جنزير .

٢ - رفع المثلثات : يرفع خط القاعدة على اللوحة بحيث يتخذ وضعاً مناسباً بالنسبة للمنطقة . ثم ترسم أشعة الى نقط رؤوس المثلثات المجاورة التى يمكن رؤيتها من طرفى الخط . وبطريقة التقاطع تعين مواقع تلك النقاط على اللوحة . وتنقل اللوحة الى النقاط الجديدة (رؤوس المثلثات) ويتخذ من كل اثنين منهما خط قاعدة جديد، وترسم أشعة الى النقط الأخرى التى كان من المتعذر رؤيتها من طرفى خط القاعدة الاول . وهكذا يستمر العمل بالانتقال من نقطة الى أخرى لتعيين رؤوس مثلثات جديدة تعتبر فيما بعد طرفاً لخط قاعدة جديد حتى تغطي المنطقة بشبكة واسعة من المثلثات .

ففى (شكل ١١٥) بدأ العمل من خط القاعدة س ص ومن طرفى الخط
امكن تحديد نقطة ا التى تكون المثلث الاول ا س ص وكذلك تحديد النقطة
ب لتكون المثلث س ص ب . ويمكن اتخاذ كل من الاضلاع ا س ، ا ص ،
ب س ، ب ص ، ا ب خطوط قواعد لتكوين مثلثات جديدة مجاورة .
ويستمر العمل فى بناء المثلثات حتى الوصول الى المثلث ل م ن فيحسب
طول الضلع ل م عن طريق تسلسل حساب اطوال اضلاع المثلثات السابقة



شكل رقم (١١٥)

بدءا من خط القاعدة س ص . ويقاس الضلع ل م بكل دقة وعناية ويقارن
الطول المقاس بالطول المحسوب للتأكد من صحة العمل والحساب . ويعتبر
الضلع ل م خط قاعدة جديدة تحسب على أساسه أطوال اضلاع المثلثات
المتسلسلة منه . وهكذا يستمر العمل فى انشاء مثلثات أخرى ، وعند مسافة
مناسبة ينتهى العمل عند ضلع ما يتم قياسه ومقارنة القيمة المحسوبة بالطول
المقاس ويتخذ من هذا الضلع خط قاعدة آخر . والغرض من ذلك تحاشى

تراكم الاخطاء الناجمة عن عملية الرفع حتى لا تتكون فى النهاية أخطاء
لا يمكن السماح بها .

ويراعى فى تلك المثلثات ان تكون معتدلة الزوايا وأضلاعها متناسبة فى
أطوالها . فلا تقل الزاوية عن ٣٠° ولا تزيد عن ٧٥° تقريبا . وكلما كانت
أطوال الاضلاع متناسبة ساعد ذلك على سهولة العمل ودقته .

٣ - تحشية المثلثات : بعد تعيين رؤوس المثلثات وتغطية المنطقة
المطلوب رفعها بها ، تحتل اللوحة المستوية كل نقطة وترفع عليها نقط
رؤوس المثلثات التى يمكن رؤيتها ، وترفع التفاصيل والظواهر الجغرافية
المحيطة بتلك النقطة بأى من طرق الرفع باللوحة المستوية التى سبق
شرحها . وإذا كانت المسافة بين نقطتين من نقط رؤوس المثلثات كبيرة
ولا يمكن رفع الظواهر التى بينهما منهما ، يمكن تخطيط مضلع مفتوح
بينهما واحتلال كل نقطة منه لرفع التفاصيل المحيطة .

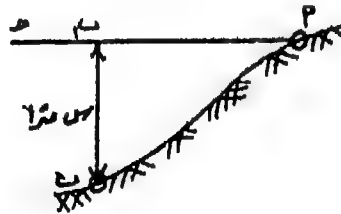
الفصل العاشر

الميزانية

تبحث الميزانية فى علاقة النقط بعضها ببعض فى المستوى الرأسى لتحديد الفرق بين مناسيبها ارتفاعا أو انخفاضا ، أو بمعنى آخر ايجاد البعد الرأسى بين النقط المختلفة على سطح الارض . ويحدد الفرق بين مناسيب النقط اما بالنسبة لبعضها أو بالنسبة لسطح ثابت يسمى بـ سطح المقارنة العام وهو متوسط منسوب مستوى سطح البحر .

أولا - تحديد المناسيب بالنسبة لبعضها :

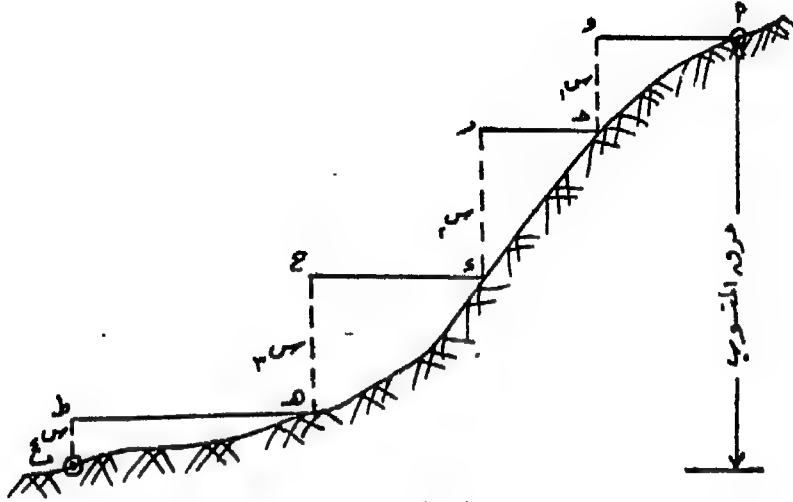
لايجاد الفرق فى المنسوب بين نقطتى أ ، ب (شكل ١١٦) ، يعين المستوى الأفقى المار بنقطة أ وليكن أ ح ، ثم تقاس المسافة الرأسية ب ب١ (س مترا) . ويمكن القول أن نقطة أ ترتفع عن النقطة ب بمقدار س أو أن ب تنخفض عن نقطة أ بمقدار س .



شكل رقم (١١٦)

ويعين المستوى الأفقى أ ح اما بشريط مشدود أفقيا أو بمسطرة طويلة من الخشب تسوى أفقيتها بميزان تسوية تسمى (قدة) . أما المسافة الرأسية فتحدد بوضع خيط شاغول مدلى فوق نقطة ب ويتقاطع مع المستوى الأفقى أو بواسطة شاخص يوضع رأسيا فوق ب وقياس الجزء الذى يتقاطع فيه مع المستوى الأفقى .

وعندما يكون فرق المنسوب بين ١ ، ب كبيراً نسبياً ، فإنه لا يمكن تعيينه مرة واحدة ، لذا يحدد أكثر من مستوى أفقى واحد مثل أ و ، ح ز ، د ح ، هـ ط ثم تقاس المسافات الرأسية من ١ ، س ٢ ، س ٣ ، س ٤ ويكون الفرق فى المنسوب بين نقطتى ١ ، ب هو مجموع تلك المسافات الرأسية (شكل ١١٧) .

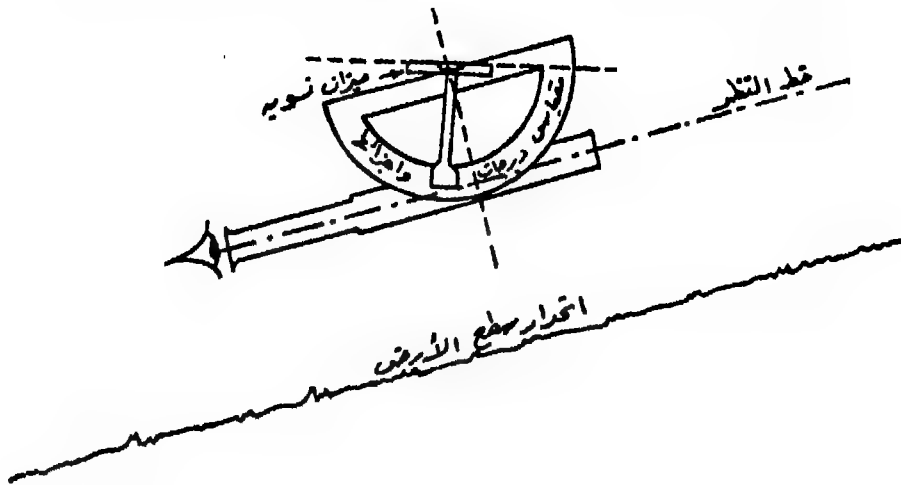


شكل رقم (١١٧)

طريقة أخرى لتحديد فرق المنسوب : يستعمل فى هذه الطريقة جهاز بسيط التركيب سهل الاستعمال يعرف باسم ميزان أبنى .

تركيب الجهاز : يتركب الجهاز (شكل ١١٨) من أنبوب صغير على هيئة منظار يتصل به من أعلى ميزان تسوية يمكن ادارته فى المستوى الرأسى المار بمحور الأنبوب بواسطة عجلة صغيرة متصلة به . ويتصل بهذه العجلة ذراع يدور مع دوران ميزان التسوية أمام مقياس مقسم الى درجات وأجزائها لتعيين زاوية الميل . وعندما تكون فقاعة ميزان التسوية فى منتصف مجراها ، فإن الذراع يقرأ زاوية مقدارها صفر . ويوجد بداخل الأنبوب سطح عاكس (مرآة) يميل بزاوية ٤٥° على المحور الطولى للأنبوب ويحجب نصف مجال الرؤية فقط ، ويرى الراصد فيه صورة فقاعة ميزان التسوية ، فإذا كانت فى منتصف مجراها فإن الجهاز يكون أفقى تماماً .

واذا نظر الراصد فى الجهاز الى هدف معين وكان ذلك من خلال النصف الآخر لمجال الرؤية بالانبوب ، وكان الجهاز أفقيا كما تبينه صورة فقاعة



شكل رقم (١١٨)

ميزان التسوية المنعكسة من المرآة ، فان منسوب هذا الهدف يساوى منسوب النقطة التى يقف عليها الراصد + ارتفاع عين الراصد . فاذا كان منسوب نقطة الراصد ٢٠٠م وكان ارتفاع عين الراصد ١٦٠م ، فان منسوب الهدف = ٢١٦٠م (٢٠٠ + ١٦٠ = ٢١٦٠م) . كما يمكن القول أن الهدف يرتفع عن النقطة التى يقف عليها الراصد بمقدار ١٦٠م ، أى أن فرق المنسوب بين نقطة الراصد والهدف = ١٦٠م .

طريقة العمل بالجهاز لتعيين فرق المنسوب : يمكن تعيين نقط على المنحدرات فرق المنسوب بينها هو ارتفاع عين الراصد . فعند الانتقال من نقطة أ الى النقطة و على منحدر ما لتعيين فرق المنسوب بينهما ، يتقدم شخص ومعه شاخص على المنحدر ، ويقف شخص آخر بالجهاز فى مستوى أفقى كما تبينه فقاعة ميزان التسوية فى نقطة أ ويراقب كعب الشاخص خلال الجهاز حتى يشاهده أمام فقاعة علامة منتصف الفقاعة فتتعين نقطة ب ويتحرك الشاخص صاعدا على المنحدر الى أن يشاهد كعبه أمام علامة منتصف الفقاعة فتحدد نقطة ح التى ترتفع عن نقطة ب بمقدار ارتفاع

عبي الراصد ، وهكذا حتى الوصول الى نقطة و . ويكون فرق المنسوب بين
١ ، وهو عدد مرات انتقبال الجهاز مضروباً في ارتفاع عين الراصد
(شكل ١١٩) .



شكل رقم (١١٩)

وبصفة عامة فإن الطرق السابقة التي يقاس بها فرق المنسوب يكثر بها
تعيب التي يمكن اجمالها فيما يأتي :

- ١ - كثرة العمل ؛
- ٢ - عدم الدقة لاحتمال وقوع أخطاء عند التحديد الدقيق للمستوى الأفقي .
- ٣ - تعتبر تلك الطرق غير مجدية في تحديد فرق المنسوب بين النقط التي تبعد عن بعضها بمسافات كبيرة .
- ٤ - إذا تساوى الفرق في المنسوب بين النقط في مناطق مختلفة ، فلا يعنى ذلك أنها تقع في مستوى أفقى واحد . فإذا كانت النقطة ب مرتفع عن النقطة أ بمقدار ٥٠ رةم ، وكانت النقطة د ترتفع عن النقطة ح بمقدار ٥٠ رةم أيضاً فلا يعنى ذلك أن النقطتين أ ، د تقعان في مستوى أفقى واحد ، أو أن ب ، د في مستوى أفقى واحد .

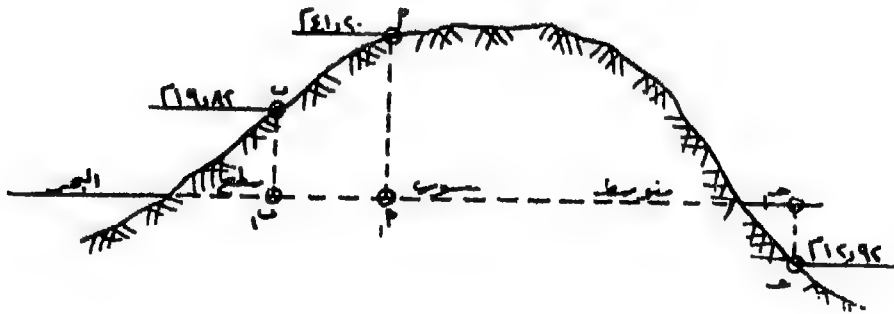
ثانياً - تحديد المناسيب بالنسبة لسطح ثابت :

نظراً للعيوب السابقة فإنه يمكن تحديد فروق المناسيب بين النقط بطريقة أخرى وذلك بتعيين منسوب تلك النقط بالنسبة لمستوى ثابت يسمى بمستوى

المقارنة ، وهذا المستوى هو متوسط مستوى منسوب سطح البحر . واذا علم منسوب النقط بالنسبة لهذا المستوى ، فانه يمكن بسهولة حساب فرق المنسوب بينها .

طريقة تحديد مستوى المقارنة (متوسط منسوب سطح البحر) : يحدد هذا المستوى بوضع مقياس مقسم الى امتار واجزائها في مكان ملائم في البحر بحيث يمكن رصد أعلى وأدنى مستوى تصل اليه المياه . وتسجل القراءات التي تحصل اليها المياه ارتفاعا وانخفاضا كل يوم ولأطول مدة ممكنة ، والمتوسط المحسوب من عدد متساو من الارصاد المرتفعة والمنخفضة للمياه هو متوسط منسوب سطح البحر .

بعد تحديد متوسط منسوب سطح البحر تنسب اليه النقط المختلفة وذلك بقياس ارتفاعها او انخفاضها عنه ، ويسمى الارتفاع او الانخفاض بمنسوب النقطة . فاذا قيل ان منسوب نقطة أ هو ٤١٢٠م فهذا يعنى أن ترتفع عن متوسط منسوب سطح البحر ب ٤١٢٠م ، واذا قيل ان منسوب نقطة ح هو - ١٢٩٢م فهذا يعنى أنها تنخفض عن متوسط منسوب سطح البحر بمقدار ١٢٩٢م ، وكذلك النقطة ب ذات المنسوب ١٩٨٢م (شكل ١٢٠) .



شكل رقم (١٢٠)

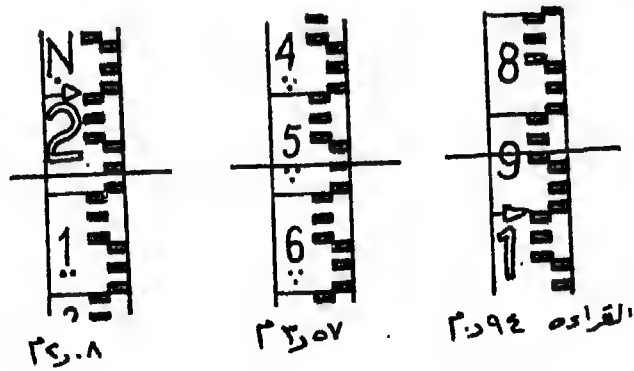
ويكون فرق المنسوب بين أ ، ب = ٤١٢٠ - ١٩٨٢ = ٢١٣٨م

، فرق المنسوب بين ب ، ح = ١٩٨٢ - (- ١٢٩٢) = ٣٢٧٤م

وفي جمهورية مصر العربية يعتبر متوسط منسوب سطح البحر داخل ميناء الاسكندرية هو مستوى المقارنة .

الاجهزة والادوات المستخدمة فى الميزانية :

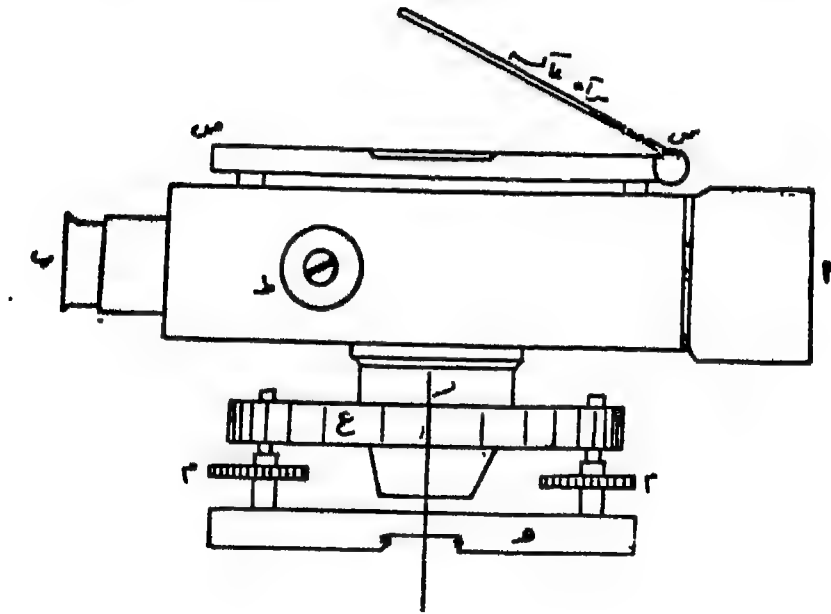
١ - القامة : وهى عبارة عن مسطرة طويلة من الخشب المتين يتراوح طولها بين ٣ ، ٥ متر ، وان الشائع منها بطول ٤.٠٠م . ويوجد بقاعدتها كعب من الحديد للمحافظة عليها من التآكل نتيجة احتكاكها بالارض . ويدرج احد وجهيها الى امتار وديسمترات وسنتيمترات . وتبين السنتيمترات باللونين الاسود والاحمر ، اما الارقام الدالة على الديسمترات فتكتب باللون الاسود ، والدالة على الامتار باللون الاحمر . ويفصل بين كل ديسيمتر وآخر خط اسود رفيع . وتميز الديسمترات الواقعة بعد المتر الاول أى ديسيمترات المتر الثانى بنقطة واحدة تحت الرقم الدال على الديسمتر . أما ديسيمترات المتر الثالث فيوضع تحت كل منها نقطتين ، وثلاث نقط تحت ديسيمترات المتر الثالث . وتكتب الارقام على القامة بصورة مقلوبة حتى اذا ما رصدت بالمنظار تبدو معتدلة ، وان كانت الاجهزة البصرية الحديثة مزودة بعدسات اضافية تبين الارقام بصورة معتدلة وهى مكتوبة على القامة بصورة معتدلة أيضا . وتتزايد القراءة على القامة من اسفل الى اعلى ذلك لانها توضع على الارض بحيث يكون صفر التدرج على النقطة المراد ايجاد منسوبها . ولقراءة القامة يرصد الديسمتر ثم عدد النقط ان وجدت أسفله وهى الدالة على الامتار الصحيحة ثم عدد السنتيمترات داخل الديسمتر . وهناك أنواع عديدة للقامات منها المطوية والمتداخلة (شكل ١٢١) .



شكل رقم (١٢١)

٢ - الميزان : هو آلة هندسية الغرض منها الحصول على مستوى أفقى وهمى يوازى مستوى متوسط منسوب سطح البحر . وتبنى فكرة الميزان على إذا كان هناك منظارا مثبتا عليه ميزان تسوية وضبطت أفقية المنظار أى كانت فقعة ميزان التسوية فى منتصف مجراها ، فإن محور المنظار يصير أفقيا . ويحدد بدورانه حول محوره الرأسى مستوى أفقى . وهناك أنواع كثيرة من الموازين يبرز منها طراز كوك وطراز دمبى . والطراز الأخير ذو الأكثر شيوعا واستخداما وتطورا فى الوقت الحاضر .

تركيب الميزان (طراز دمبى) : يتركب الجهاز (شكل ١٢٢) من :



شكل رقم (١٢٢)

١ - منظار ' ب به العدسة الشيئية أو العدسة العينية ب . ويوجد أمام العدسة العينية على مقربة منها حامل الشعرات ، وهو عبارة عن شريحة زجاجية مستديرة محفور عليها خط رأسى وخط أفقى يستخدم فى قراءة القامة .

٢ - ميزانان للتسوية أحدهما طولى س ص والآخر دائرى ل .

- ٣ - محور الدوران أو المحور الرأسي ر .
 - ٤ - قاعدة مثلثية ع يتصل بها ثلاثة مسامير تسوية م لضبط انفية الميزان . وتتصل هذه القاعدة بقاعدة أخرى ه تنتهى بقلووظ دائرى يسمح بتركيبها على الحامل .
 - ٥ - مسمار حركة سريعة ح وآخر للحركة البطيئة ح_١ لتحريك الجهاز فى الاتجاه الافقى أو تثبيته فى وضع معين .
 - ٦ - مرآة عاكسة فوق ميزان التسوية الطولى لعكس صورة الفقاعة عند ضبطها . وهناك نوع من الموازين يكون ميزان التسوية الطولى داخلى ويرى من خلال فتحة بجوار العدسة العينية ، ويكون الجهاز أفقى تماماً عندما تكون صورة الفقاعة على شكل حرف U الافرنجى . ويتم ذلك بواسطة مسمار خاص متصل بانبوبة المنظار يسمى بمسمار ضبط التسوية الداخلية .
 - ٧ - مسمار تطبيق ط لتوضيح الصورة .
- اعداد الميزان للعمل : تتبع الخطوات التالية :
- ١ - يركب الميزان على رأس الحامل الثلاثى ويربط بمسمار الربط ، وتحرك الارجل للخارج أو للداخل أو ناحية اليمين أو اليسار حتى تصبح فقاعة ميزان التسوية الدائرى فى المركز بالتقريب .
 - ٢ - تثبت الارجل فى الارض جيداً ، ويوجد فى أسفل كل رجل كعب حديدى لهذا الغرض .
 - ٣ - ضبط الافقية :
- ١ (يفك مسمار الحركة السريعة ويدار المنظار حتى يصبح موازياً لأى من اثنين من مسامير التسوية ، ثم يحرك المسمارين معا فى اتجاهين متضادين - أى الى الداخل أو الى الخارج - بحركة منتظمة حتى تصبح فقاعة ميزان التسوية الطولى فى منتصف مجراها .
 - ب) يدار المنظار حتى يصبح فى وضع عمودى على الوضع السابق أى موازياً لمسمار التسوية الثالث ونقطة منتصف المسافة بين المسمارين السابقين ،

ويحرك المسمار الثالث وحده اما الى الداخل او الى الخارج حتى تصبح فقاعة ميزان التسوية الطولى فى منتصف مجراها .

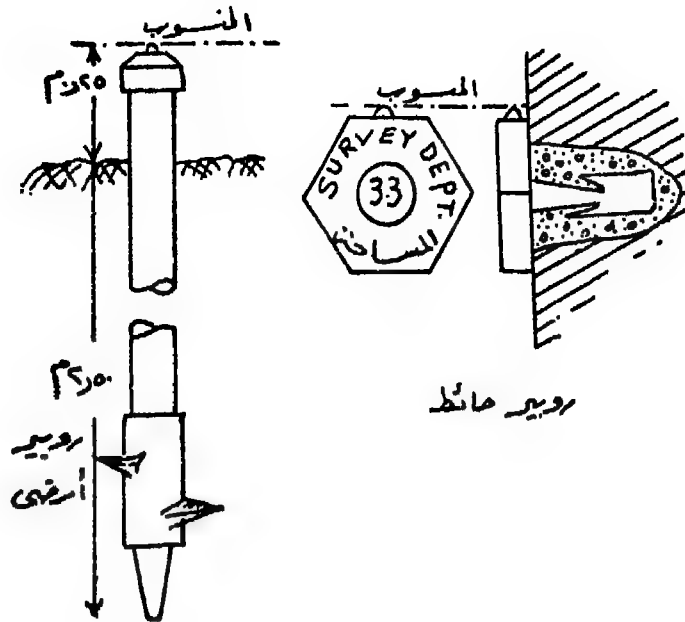
جـ) يكرر العمل مرة اخرى وثالثة حتى يطمئن الى ثبات الفقاعة فى منتصف مجراها عند دوران الجهاز دورة كاملة حول محوره الراسى .

علامات المناسيب (الروبيرات) :

حيث ان منسوب اى نقطة على سطح الارض يجب ان ينسب الى متوسط منسوب سطح البحر ، ويتحتم لايجاد هذا المنسوب ان يبدأ العمل المساحى منه وينتهى عند هذه النقطة مهما كانت المسافة بينهما ، وحيث انه من المتعذر الرجوع الى متوسط منسوب سطح البحر ، لذا كان من الضرورى تعيين نقط مختلفة فى انحاء الدولة وتحدد مناسيبها بكل دقة حتى يمكن الرجوع اليها والبدء منها عند تحديد مناسيب نقط جديدة . وتسمى هذه النقط الثابتة معلومة المناسيب بعلامات المنسوب وان كان اسمها الشائع الروبيرات . ونقوم هيئة المساحة بجمهورية مصر العربية بتحديد النقط وتثبيتها فى مواضع يسهل الوصول اليها وتسجل ارقامها ومواصفاتها ومناسيبها فى كتيبات خاصة يختص كل واحد منها بمنطقة معينة ومزود بخريطة تبين مواقعها وارقامها . ويكون الروبير اما :

١ - روبير حائط : وهو عبارة عن مسمار من الحديد ذى رأس سداسى يثبت جيدا فى المبانى والقناطر والكبارى . ويوجد فى أعلى الرأس بروز من النحاس مستدير ، منسوب قمته هو منسوب الروبير ، وتوضع عليه القامة عند اجراء الميزانية .

٢ - أو روبير أرضى : وهو عبارة عن ماسورة من الحديد تنتهى فى اعلاها بغطاء ، وتثبت فى الارض بواسطة بريمة . ويظهر من الماسورة بروز منسوب قمته هو منسوب الروبير . ويبلغ طول الماسورة ٢٧٥سم يظهر منها فوق سطح الارض ٢٥سم . ويستخدم هذا النوع من الروبيرات فى الجهات الصحراوية والبرارى والطرق الزراعية وبصفة عامة فى الاماكن التى لا توجد بها مبانى (شكل ١٢٣) .



شكل رقم (١٢٣)

تعيين مناسيب النقاط :

تعيين المناسيب بأحدى الطريقتين الآتيتين :

أولاً - طريقة سطح الميزان : وفيها يحدد منسوب المستوى الأفقى للميزان بقياس ارتفاعه من أحد الروبيرات . ثم يحدد منسوب أى نقطة أخرى بقياس انخفاضها عن هذا المستوى الذى تحدد منسوبه .

لتحديد منسوب نقطة ب عن طريق الروبير أ المعلوم منسوبه (شكل ١٢٤) ، يوضع الميزان فى مكان مناسب وتضبط أفقيته ثم توضع القامة فوق أ وتؤخذ عليها القراءة ولتكن ٠م٠٢٥ . فإذا كان منسوب أ = ١٠ر٠٠ م فهذا يعنى أن منسوب المستوى الأفقى الذى يصنعه الميزان = ١٠ر٢٥ م (١٠ر٠٠ + ٠ر٢٥ = ١٠ر٢٥ م) . ثم توضع القامة فوق نقطة ب وتؤخذ عليها القراءة ولتكن ٣٧٠م فيكون منسوب ب هو ١٠ر٢٥ - ٣٧٠ = ٦٨٥م . وبهذه الطريقة يمكن تعيين مناسيب أى نقط أخرى من هذا الوضع للميزان وذلك بنقل القامة من نقطة لأخرى وأخذ قراءات عليها ، وطرح

هذه القراءات من مسوب المستوى الافقى للجهاز . ويطلق على هذا المستوى الافقى للميزان مصطلح منسوب سطح الميزان .

أنواع الميزانية :

تنقسم الميزانية من حيث طريقة اجرائها والغرض الذى تنفذ من أجله الى :

أولا - الميزانية البسيطة : وفيها تعين مناسب بضعة نقط يمكن قراءة القامة عليها من وضع واحد للميزان .

ثانيا - الميزانية المسلسلة : وفيها تعين مناسب نقط يصعب قراءة القامة عليها من وضع واحد للميزان . وذلك لبعيد المسافة بين النقط وموضع الميزان فلا تظهر القامة بصورة واضحة ، أو وجود فرق كبير فى المنسوب بين النقط فيصعب رصد القراءة لان أعلى القامة فى هذه الحالة تحت مستوى سطح الميزان أو أن أسفلها أعلى من مستوى سطح الميزان فلا تتقاطع الشعرة الافقية مع القامة ، أو لوجود موانع تحجب الرؤية .

ولتحديد مناسب النقط التى يتعذر أخذ قراءات عليها من وضع واحد للميزان للأسباب السابقة ، ينقل الميزان الى وضع آخر بعد تحديد منسوب نقطة فى نهاية الوضع الاول . وتبدأ قراءات الوضع الثانى من نقطة نهاية الوضع الاول وكأنها روبير ، وتسمى هذه النقطة فى تلك الحالة بنقطة الدوران بالميزانية المسلسلة .

طريقة اجراء الميزانية المسلسلة : اذا كان المقصود تحديد منسوب نقطة د التى تحول الاسباب السابقة كلها أو بعضها دون تحديدها من وضع واحد للميزان ، يبدأ العمل من النقطة أ وهى نقطة روبير معلومة المنسوب (شكل ١٢٥) . يقام الميزان فى الوضع الاول حيث يعين منه منسوب نقطة ب بقراءة القامة الموضوعة فوق أ أولا ثم فوق ب ثانيا وتطبق القواعد السابقة ، ثم ينقل الميزان الى الوضع الثانى وتعين مناسب النقطة ه ، و ، د بقراءة القامة الموضوعة على النقطة ب أولا بعد ادارتها لتواجه الميزان فى وضعه الجديد ثم النقط ه ، و ، د ، ثم بنقل الميزان الى الوضع الثالث وتعين مناسب النقط ز ، ح ، د بقراءة القامة الموضوعة على النقطة د مرة ثانية بعد ادارتها لتواجه الميزان فى الوضع الثالث ثم قراءة القامة الموضوعة على النقط ز ، ح ، د .

يلاحظ ان النقطة ب أخذت عليها القراءة ب قبل رفع الميزان من الوضع الاول ، والقراءة ب بعد وضع الميزان فى الوضع الثانى ، وكذلك النقطة ح أخذت عليها القراءة ح قبل نقل الميزان ، ح بعد نقله الى الوضع الثالث . وتسمى كل من نقطتى ب ، ح بنقطة دوران ، ذلك لان القامة قد استدارت من الوضع المواجه لوضع الاول الى الوضع المواجه للوضع الثانى ليتمكن قراءتها . وتساعد نقط الدوران هذه فى تسلسل الميزانية بل أنها تعتبر نقط ربط بين الازواضع المختلفة للميزان ولذلك يجب العناية التامة فى قراءة القامة عليها . وليس مهما أن تكون نقط الدوران هذه على خط مستقيم واحد .

تدوين القراءات فى دفتر الميزانية بطريقة منسوب سطح الميزان :
تسجل قراءات (أرصاء) القائمة عند اجراء الميزانية فى دفتر خاص
يسمى بدفتر الميزانية وتقسم صفحاته الى أعمدة كالتالى :

رقم النقطة	مؤخرات	متوسطات	مقدمات	منسوب سطح الميزان
---------------	--------	---------	--------	-------------------

المنسوب	المسافات	ملاحظات
---------	----------	---------

- ٢٤٥ -

المقدمة : هى آخر نقطة تقف عليها القامة لقراءتها لكل وضع ما للميزان قبل رفعه ونقله الى وضع آخر ، وتسمى أحيانا أمامية .

المتوسطة : وهى القراءات على القامة بين المؤخرة والمقدمة .

منسوب سطح الميزان : وهو منسوب المستوى الافقى الوهمى الذى يصنعه الميزان ، ويساوى منسوب نقطة المؤخرة مضافا اليه قراءة القامة عليها .

المنسوب : يحصل عليه بطرح قراءة القامة على نقط المتوسطات أو المقدمات من منسوب سطح الميزان .

المسافة : وهى أبعاد النقط المختلفة من نقط الابتداء .

الملاحظات : وهى خانة مخصصة لكتابة وصف النقط المختلفة للميزانية أو أى ملاحظات تعن للراصد .

مثال : لتحديد منسوب النقطة ب التى تبعد عن النقطة أ بمسافة ٤٤٠م أخذت القراءات التالية :

(١٧٣) ، ١٤٥ ، ١٢٦ ، (٢٣٢) ، ١٨٨ ، ١٩٧ ، ١٤١ ، ١٨٣ ،
٣١١ ، ٣٤٨ ، ٢٥٣ ، ٢٠٨ .

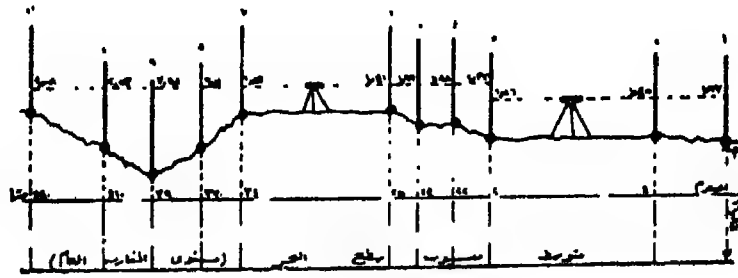
وكانت الأبعاد من نقطة أ هى بترتيب النقط : ٤٠ ، ٢٠٠ ، ٢٢٠ ،
٢٤٠ ، ٢٥٠ ، ٣٤٠ ، ٣٧٠ ، ٣٩٠ ، ٤١٠ ، ٤٤٠ مترا .

سجل الارصاد السابقة فى جدول ميزانية واحسب المناسب بطريقة
سطح الميزان علما بأن القراءات التى بين الاقواس مؤخرات ، وأن منسوب
نقطة أ هو ١٦٨٤ م .

ويبين (شكل ١٢٦) رسم توضيحى لخط سير العمل فى الميزانية
ولشرح الحل .

الحل :

١ - تعطى أرقام للنقط المختلفة بين أ ، ب فالنقطة أ رقم ١ ، والتالية
رقم ٢ وهكذا .



شكل رقم (١٢٦)

٢ - نظرا لطول المسافة أ ب ولعدم امكان تحديد منسوب ب من وضع واحد للميزان ، فقد وضع الميزان فى نقطة ما وضبطت أفقية ، ولان انحدار سطح الارض على جانبى هذا الوضع بسيط فقد اكتفى لتحديد النقطتان ٢ ، ٣ على مسافة ٤٠ ، ٢٠٠ مترا من النقطة ١ رقم ١ .

٣ - يسجل فى جدول الميزانية منسوب النقطة ١ وهو ١٦٨٤م فى خانة المناسيب ، ويسجل بعدها عن نقطة بداية العمل فى خانة المسافات وهو بطبيعة الحال يساوى صفرا ، وفى خانة الملاحظات وصف لها ولتكن روبير مثلا فيذكر رقمه ووصفه .

٤ - توضع القامة فوق نقطة ١ رقم ١ معلومة المنسوب وترصد عليها القراءة ١٧٧٣ ، وبما أنها أول قراءة لهذا الوضع للميزان فهى مؤخرة وتسجل فى خانة المؤخرات . يحسب منسوب سطح الميزان لهذا الوضع وهو يساوى منسوب المؤخرة + قراءة القامة عليها = ١٧٧٣ + ١٦٨٤ = ١٨٥٧م ، ويسجل فى خانة منسوب سطح الميزان .

٥ - توضع القامة فوق النقطة رقم ٢ لانها تحدد تغيرا فى انحدار سطح الارض ، وتؤخذ عليها القراءة ١٨٤٥ وباعتبارها نقطة متوسطة تسجل فى خانة المتوسطات . ويسجل على نفس السطر فى خانة المسافات بعدها عن نقطة أ وهو ٤٠م . وبطرح هذه القراءة من منسوب سطح الميزان ينتج منسوب النقطة ويساوى ١٨٥٧ - ١٨٤٥ = ١٧١٢م ويسجل فى خانة المناسيب على نفس السطر .

رقم النقطة	مؤخرات	متوسطات	مقدمات	منسوب سطح الميزان	النسوب	المسافات	ملاحظات
١	١٧٣	١٤٥	١٢٦	١٨٥٧	١٦٨٤	صفر	نقطة ١ (روبير رقم ٠٠٠٠٠٠)
٢					١٧١٢	٤٠	
٣	٢٣٢			١٩٦٣	١٧٣١	٢٠٠	نقطة دوران
٤		١٨٨			١٧٧٥	٢٠	
٥		١٩٧			١٧٦٦	٣٠	
٦		١٤١			١٨٢٢	٥٠	
٧		١٨٣			١٧٨٠	٣٠	
٨		٣١١			١٦٥٢	٣٧٠	
٩		٣٤٨			١٦١٥	٣٩٠	
١٠		٢٥٣			١٧١٠	٤١٠	
١١			٢٠٨		١٧٥٥	٤٣٠	نقطة ب
	٥٠٥		٣٣٤				

التحقيق : مجموع المؤخرات - مجموع المقدمات = $٤٠٥ - ٣٣٤ = ٠٠٧١$ م .

منسوب آخر نقطة - منسوب أول نقطة = $١٧٥٥ - ١٦٨٤ = ٠٠٧١$ م .

حل المثال السابق بطريقة الارتفاع والانخفاض :

لا يتغير ترتيب جداول الميزانية في هذه الطريقة عن طريقة سطح الميزان الا بالنسبة للخانة الخاصة بمنسوب سطح الميزان ، حيث تستبدل بخانتين احدهما للارتفاع والاخرى للانخفاض كالتالى :

رقم النقطة	مؤخرات	متوسطات	مقدمات	ارتفاع	انخفاض
---------------	--------	---------	--------	--------	--------

المنسوب	المسافات	ملاحظات
---------	----------	---------

١ - يسجل منسوب نقطة أ في خانة المناسيب وهو ١٦٨٤ م ، كما تسجل القراءة المأخوذة عليها في خانة المؤخرات وهى ١٧٣ وذلك في سطر النقطة ١ .

٢ - تسجل القراءة ١٦٤٥ في خانة المتوسطات ، وبما أن قراءة القامة على هذه النقطة أقل من قراءة القامة على النقطة رقم ١ ، إذن النقطة رقم ٢ ترتفع عن النقطة رقم ١ بمقدار الفرق بين القراءتين $١٧٣ - ١٦٤٥ = ٠٠٢٨$. ويسجل مقدار الارتفاع في خانة الارتفاعات في نفس السطر . ويضاف هذا الارتفاع على منسوب النقطة ١ فينتج منسوب النقطة ٢ = $١٦٨٤ + ٠٠٢٨ = ١٧١٢$ م .

٣ - ترصد قراءة المقدمة ١٢٦ وتكتب في خانتها على سطر ثان لانها نقطة جديدة ، وتقارن بقراءة القامة على النقطة السابقة ، ويتضح منها

أنها أعلى في المنسوب من النقطة السابقة رقم ٢ فينتج منسوب النقطة
رقم ٣ (١٧ر١٢ + ٠ر١٩ = ١٧ر٣١) .

٤ - ينقل الميزان الى وضع جديد حتى يمكن رؤية باقى النقط، وترصد
قراءة المؤخرة ٢٣٢ ، وتسجل في خانة المؤخرات في نفس سطر المقدمة
السابقة (نقطة دوران) . ثم ترصد القراءة المتوسطة ١٨٨ وتدون في خانة
المتوسطات ، وبمقارنة القراءتين يتضح أن النقطة رقم ٤ ترتفع عن النقطة
رقم ٣ بمقدار ٢٣٢ - ١٨٨ = ٠ر٤٤ . فتضاف الى منسوب النقطة رقم ٤
(١٧ر٣١ + ٠ر٤٤ = ١٧ر٧٥) . ويلاحظ هنا عدم مقارنة مؤخرة الوضع
الجديد بمقدمة الوضع السابق لانهما قراءتان على نقطة واحدة ، فالمقارنة
لتحديد مقدار الارتفاع أو الانخفاض انما تتم بين القراءات على النقط
المختلفة . ثم ترصد قراءة المتوسطة ١٩٧ وتدون في خانيتها وتقارن بقراءة
النقطة السابقة ويتضح أنها تنخفض عنها بمقدار الفرق بينهما وهو
١٩٧ - ١٨٨ = ٠ر٠٩ . وتدون في خانة الانخفاضات ، وتطرح من
منسوب النقطة السابقة رقم ٤ فينتج منسوب النقطة ٥ وهو ١٧ر٧٥ - ٠ر٠٩ .
= ١٧ر٦٦ . وهكذا تحدد مناسب باقى النقط مع ملاحظة ارتفاع كل نقطة
أو انخفاضها عن النقطة السابقة وازافة الارتفاع لمنسوب النقطة السابقة أو
طرح الانخفاض منه حسب الحالة .

٥ - يحقق العمل الحسابى بالمعادلة :

مجموع المؤخرات - مجموع المقدمات = مجموع الارتفاعات -
مجموع الانخفاضات = منسوب آخر نقطة - منسوب أول نقطة .

التحقيق : مجموع المؤخرات - مجموع المقدمات = ٣٣٤ - ٤ر٠٥ =
٠ر٧١ م

مجموع الارتفاعات - مجموع الانخفاضات = ٢٨٧ - ٢ر١٦ =
٠ر٧١ م

منسوب آخر نقطة - منسوب أول نقطة = ١٧ر٥٥ - ١٦ر٨٤ =
٠ر٧١ م

رقم النقطة	مؤخرات	متوسطات	مقدمات	ارتفاع	انخفاض	النسوب	المسافات	ملاحظات
١	١٧٣	١٤٥		—	—	١٦٨٤	صفر	نقطة ١ (روبير رقم ١٠٠٠)
٢	٢٣٢		١٢٦	٠٣٨	—	١٧١٢	٤٠	
٣				٠١٩	—	١٧٣١	٢٠٠	دوران
٤		١٨٨		٠٤٤	—	١٧٧٥	٢٢٠	
٥		١٩٧		—	٠٠٩	١٧٦٦	٢٤٠	
٦		١٤١		٠٥٦	—	١٨٢٢	٢٥٠	
٧		١٨٣		—	٠٤٢	١٧٨٠	٢٤٠	
٨		٣١١		—	١٢٨	١٦٥٢	٣٧٠	
٩		٣٤٨		—	٠٣٧	١٦١٥	٣٩٠	
١٠		٢٥٣	٢٠٨	٠٩٥	—	١٧١٠	٤١٠	
١١				٠٤٥	—	١٧٥٥	٤٤٠	نقطة ب
	٤٠٥		٣٣٤	٢٨٧	٢١٦			

المقارنة بين طريقة سطح الميزان وطريقة الارتفاع والانخفاض :

١ - يقل العمل الحسابى فى طريقة سطح الميزان ، ويتم اثناء العمل بالحقول ، كما تفضل هذه الطريقة عندما تكثر المتوسطات .

٢ - يكثر العمل الحسابى فى طريقة الارتفاع والانخفاض ، ولكن هذه الطريقة أدق من الاولى ، وتتبع فى حالة سلسلة ميزانية لتثبيت نقط لاستخدامها فى العمل مرة أخرى .

استخدام الميزانية :

تستخدم الميزانية سواء كانت بسيطة أو سلسلة فى انشاء القطاعات التضاريسية المختلفة . والقطاع التضاريسى عبارة عن الخط البيانى الناجم من تقاطع مستوى رأسى مع سطح الارض فى اتجاه معين . ويبين هذا الخط البيانى شكل سطح الارض . وتنقسم القطاعات الى نوعين :

١ - قطاعات طولية : الغرض منها رصد مناسيب نقط فى اتجاه المحور الطولى للمظاهرة الجغرافية الطبيعية كالأودية أو محاور خطوط تقسيم المياه أو محاور اراضى ما بين الأودية أو المظاهرات الجغرافية البشرية كالطرق أو الترع ... الخ .

٢ - قطاعات عرضية : يقصد بها بيان طبيعة سطح الارض فى الاتجاه العمودى على المحور الطولى للمظاهرة كالقطاعات العرضية للأودية .

طريقة انشاء القطاع من واقع الميزانية :

١ - يرسم خط أفقى توقع على المسافات المرصود عندها مناسيب النقط ، وذلك باختيار مقياس رسم مناسب . ويتناسب مقياس الرسم مع طول القطاع وحجم الورقة المستعملة فى الرسم .

٢ - يقام من طرف الخط الافقى للقطاع عمودا يمثل المحور الرأسى لتمثيل المناسيب بمقياس رسم مناسب . ويتوقف اختيار مقياس الرسم الرأسى على طبيعة المناسيب .

٣ - يقام عمود عند كل نقطة يتناسب طوله مع منسوبها ، ويوصل اطراف هذه الاعمدة بخط هو خط القطاع .

ثالثا - الميزانية الشبكية : تهدف الميزانية الشبكية الى تحديد مناطق مجموعة من النقط يمكن عن طريقها انشاء خرائط تبين شكل سطح الارض تسمى بالخرائط الكنتورية . وتختلف طريقة تنفيذ الميزانية الشبكية باختلاف شكل سطح الارض ومدى تباينه ارتفاعا وانخفاضا ، وايضا حسب الدقة المطلوب اظهار الخريطة النهائية بها .
وهذه الطرق هي :

- ١ - طريقة المربعات او المستطيلات .
- ٢ - طريقة الاشعاع .
- ٣ - طريقة النقط المبعثرة .
- ٤ - الطريقة المباشرة .

وباختلاف هذه الطرق تختلف الاجهزة المستخدمة فى تنفيذ اى منها . وعلى هذا الاساس يمكن أن نقسم الميزانية الشبكية تبعا للجهاز المستخدم الى :

- ١ - ميزانية بجهاز الميزان .
- ٢ - ميزانية تجرى بجهاز البلانشيطة .

الميزانية الشبكية بجهاز الميزان

يستعمل جهاز الميزان فى تنفيذ الميزانية الشبكية بطريقة المربعات او المستطيلات وتعتبر هذه الطريقة أفضل الطرق التى تصلح للاراضى المستوية التى لا يختلف فيها منسوب سطح الارض كثيرا (فى حدود أربعة أمتار "قريبا") . وفى الاراضى محدودة المساحة كما فى المزارع ومناطق استصلاح الاراضى . وتنفذ بالخطوات الآتية :

- ١ - يجرى عمل مضلع حول المنطقة وتحديد اركانها اذا كانت حدودها غير مرسومة على خريطة سابقة أو غير واضحة على الطبيعة .
- ٢ - ينتخب خطا يكون قريبا وموازيا الى حد ما لأطوال حد من حدود المنطقة (مثل ا ب) ، ويقسم الى مسافات متساوية بين ١٠ ، ٥٠ مترا

حسب طبيعة الارض و لدقة المثلوبة . يثبت فى نقط التقسيم اوتاد خشبية لها حروف ابجدية ج ، د ، ه ، ... الخ .

٣ - تقام اعمدة من نقط التقسيم بأى طريقة مناسبة من طرق اقامة الاعمدة حسب اتساع المنطقة ، وتقسم هذه الاعمدة الى مسافات متساوية . وهذه المسافات اما أن تتساوى مع المسافات المقسم اليها الخط ا ب او لا تتساوى معها . وينتج فى حالة التساوى شبكة من المربعات وفى الحالة الثانية شبكة من المستطيلات . تسمى نقط التقسيم على هذه الاعمدة بارقام ١ ، ٢ ، ٣ ، ... الخ على كل عمود . وبذلك فان أى نقطة فى الشبكة يمكن تسميتها بحرف ورقم مثل ج ٣ ، د ٤ ، و ٧ (شكل ١٢٧) .

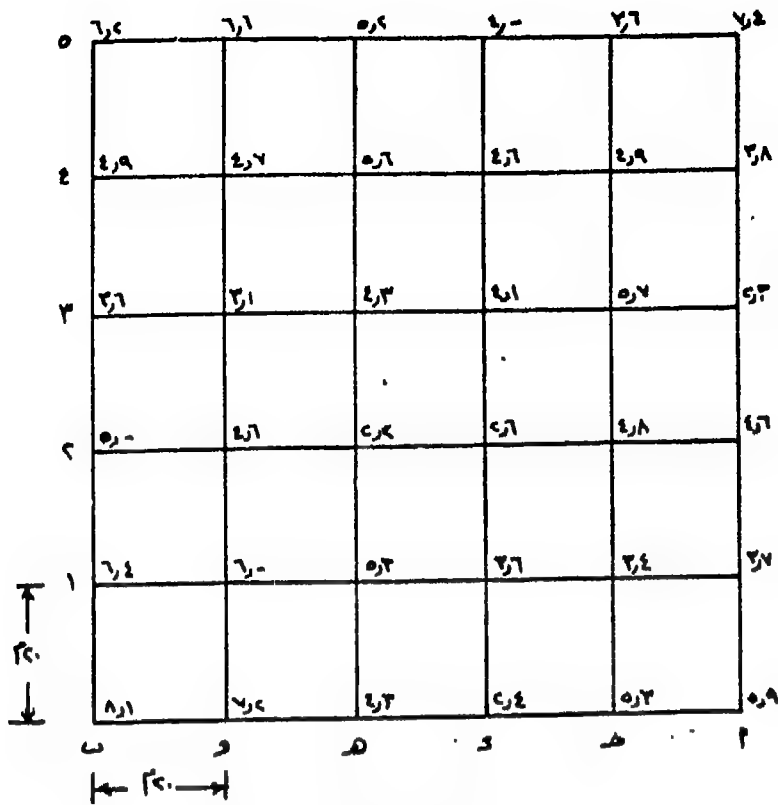
٤ - يرسم كروكى لهذه الشبكة ويجل عليه تسميات النقاط كلها .

٥ - تجرى ميزانية طولية للخط ا ب لتعيين مناسيب الاوتاد ، ويربط هذا الخط بنقطة روبير قريبة ، ويتم تصحيح المناسيب بعد رصدها وحسابها ذهابا وعودة ، مرة على يمين الخط فى الذهاب ، والاخرى على يساره فى العودة . ويراعى فى هذه الميزانية أن يوضع الجهاز فى منتصف المسافة تقريبا بين المؤخرة والمقدمة .

٦ - يوضع الميزان فى مكان مناسب يمكن منه رؤية أكبر عدد من نقط أركان الشبكة ، وتبدأ برصد مؤخرة على وتد من الخط ا ب المحسوب منسوبه بدقة . يعين منسوب سطح الميزان وترصد القامة الموضوعة على الاركان واحدا بعد الآخر ويحسب منسوبها بطرح كل قراءة من منسوب سطح الميزان . وبذلك نحصل على مناسيب الاركان التى تسجل مباشرة على الكروكى حتى بدون عمل جدول ميزانية .

٧ - يمكن عمل جدول ميزانية بحيث يكتب فى خانة رقم النقطة الارقام ١ ، ٢ ، ٣ ، ... وفى خانة الملاحظات رقم العمود ج ، د ، ه ، ...

٨ - من الطبيعى أن لا تنطبق حدود الارض على حدود شبكة المربعات او المستطيلات ، لذا يجب حساب مناسيب سطح الارض عند نقط على الحدود التى على امتداد الاعمدة .



شكل رقم (١٢٧)

الميزانية الشبكية بجهاز البلانشيطة (الميزانية الكنتورية)

يشتمل جهاز البلانشيطة عند تنفيذ هذه الميزانية بطرق الاشعاع والنقط المبعثرة والمباشرة . وتتبع أى من هذه الطرق فى المناطق التالية أو المرتفعة التى لا تمتد امتدادا كبيرا . ويسبق اجراء الميزانية الشبكية بهذا الجهاز تشكيل مضلع (ترافيرس) مقفل يحيط بالمنطقة المراد اجراء الميزانية بها من الداخل أو الخارج أو ترافيرس مفتوح حسب طبيعة المنطقة بواسطة البلانشيطة ، أو بجهاز آخر دقيق مثل التيودوليت . ويصحح هذا الترافيرس ويضبط ويوقع على لوحة من الورق معامل تمددها ضئيل ، ويحسب مناسب نقط رؤوس المضلع بدقة .

يتم تحديد مواقع نقط القامة فى هذه الطرق باتجاه ومسافة . ويحدد الاتجاه بواسطة الاليداد عن طريق خط النظر الذى يصنعه منظاره ، اما المسافة فتقاس عن طريق شعرات الاستاديا بالطريقة التاكيومترية .

وقبل تناول طرق اجراء الميزانية الشبكية بالبلانشيطة بالشرح يجب معرفة كيفية قياس المسافات فى الطبيعة بواسطة المناظير ذات التطبيق الداخلى وهى مناظير أجهزة الميزان واليداد البلانشيطة والتيدودوليت .

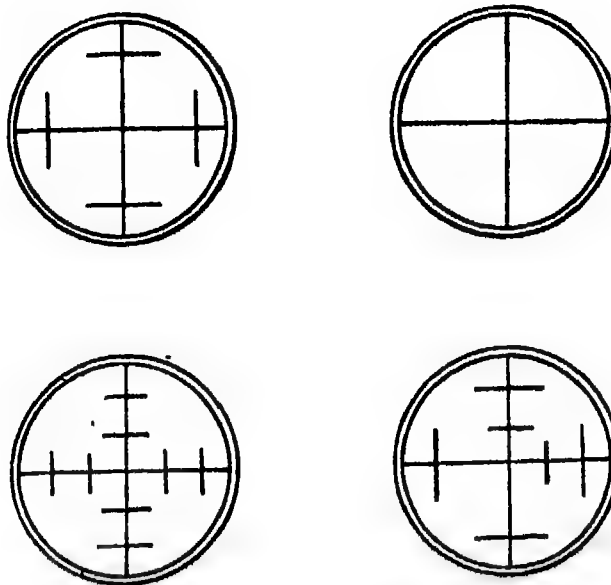
تعيين المسافات باستخدام شعرات الاستاديا :

عند النظر فى العدسة العينية للمنظار (فى ميزان) أو فى (الاليداد) أو فى (التيدودوليت) نرى شعرتين متعامدتين رئيسيتين ، احدهما أفقية والاخرى رأسية - كما توجد شعرتين أفقيتين ثانويتين توازيان الشعرة الأفقية الرئيسية (وفى بعض الاجهزة ثلاث شعرات وفى بعضها أربع) . وكذلك بالنسبة للشعرات الرأسية فتوجد شعرتين رأسيين ثانويتين توازيان الشعرة الرأسية وأحيانا ثلاث وأحيانا أربع . وتبعد هذه الشعرات عن بعضها البعض بمسافات متساوية . ويطلق عليها اسم شعرات الاستاديا (شكل ١٢٨) وهذه الشعرات عبارة عن خيط عنكبوت مشدود أو عبارة عن خطوط دقيقة محفورة على حامل زجاجى ذى اطار معدنى مثبت بالقرب من العدسة العينية يسمى بحامل الشعرات .

وقد رتبنا هذه الشعرات على أساس أن المسافة بين الشعرتين العليا والسفلى فى حالة الشعرات الأفقية أو اليمنى واليسرى فى حالة الشعرات الرأسية على قامة درجة تتناسب مع المسافة بين المنظار والقامة بنسبة ثابتة غالبا ما تكون ١ : ١٠٠ أى أن كل متر من التقاطع على القامة يقابل مسافة أفقية قدرها مائة متر تقريبا . ويسمى الرقم ١٠٠ بمعامل فترة الاستاديا أو الثابت التاكيومتري .

معامل فترة الاستاديا (الثابت التاكيومتري) :

فترة الاستاديا هى الفرق بين قراءتى شعرتى الاستاديا العليا والسفلى ، وهى تختلف باختلاف بعد القامة عن المنظار ، فتكون ٣ متر اذا كانت القامة



شكل (١٢٨)

تبعد عن المنظار بـ ٣٠٠ مترا ، وتكون ١٨٦ م اذا بعدت القامة مسافة ١٨٦ م . ومن هذا يمكن أن نعرف معامل فترة الاستاديا أو الثابت التاكيومترى بأنه الرقم الذى اذا ضربت فيه فترة الاستاديا المقطوعة على القامة كان الناتج هو المسافة التى تبعتها القامة عن المنظار وهو فى العادة ١٠٠ كما ذكرنا من قبل . غير أنه رقم قريب جدا من المائة وليس مائة تماما ، فقد يكون ٩٨ أو ١٠١ مثلا ، ولكننا فى العادة نعتبره ١٠٠ لانه يمكن اهمال الخطأ الناتج عن هذا التقريب عند تقدير المسافات . وفى كثير من الاجهزة يحفر عليها قيمة هذا المعامل ، وفى بعضها يجب التحقق من ثابت الاستاديا ومعرفته وذلك بالخطوات الآتية :

- ١ - ثبت الجهاز (ميزان - اليداد - تيودوليت) على أرض مستوية تقريبا وممتدة لمسافة كبيرة. نسبيا ١٥٠ مترا مثلا .
- ٢ - من نقطة تقع مباشرة تحت بؤرة العدسة الشيئية (٣٠ سم من مركز دوران الجهاز الذى يحدده خيط الشاغول) نقيس خط طوله ١٥٠ مترا بشرط صلب مدرج ونعين عليه المسافات ٣٠ ، ٦٠ ، ٩٠ ، ١٢٠ ، ١٥٠ مترا وذلك بغرس شوكة عند نقط التقسيم .

٣ - نقف عند نقط التقسيم بقامة راسية ونقرأ فترة الاستاديا عند كل منها . فتكون كالآتى : ٢٩ر٤ ، ٥٥ر٨ ، ٨٨ر٢ ، ١١٧ر٦ ، ١٤٦ر٧ عند المسافات ٣٠ ، ٦٠ ، ٩٠ ، ١٢٠ ، ١٥٠ مترا على الترتيب .

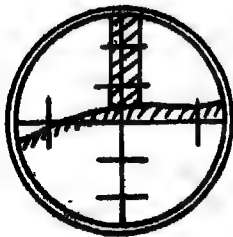
٤ - لحساب معامل فترة الاستاديا (الثابت التاكيومترى) نجرى الآتى :

$$\text{مجموع فترات الاستاديا} = ٢٩ر٤ + ٥٥ر٨ + ٨٨ر٢ + ١١٧ر٦ + ١٤٦ر٧ = ٤٣٧ر٧ \text{ سم} = ٤٣٧٧ \text{ م}.$$

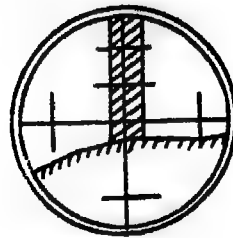
$$\text{مجموع المسافات على الطبيعة} = ٣٠ + ٦٠ + ٩٠ + ١٢٠ + ١٥٠ = ٤٥٠ \text{ م}.$$

$$\therefore \text{معامل فترة الاستاديا} = \frac{٤٥٠}{٤٣٧٧} = ١٠٣ \text{ م تقريبا}.$$

وعلى ذلك اذا بعدت القامة عن الجهاز مسافة ١٠٣٠ مترا كانت فترة الاستاديا الواجب قراءتها على القامة هى ١٠٠ م. وتزداد فترة الاستاديا كلما زاد بعد القامة عن الجهاز حتى تتعدى الطول الكلى (٤م) لذا نلجأ الى استخدام نصف فترة الاستاديا أى الفرق بين الشترتين العليا والوسطى أو بين الشترتين الوسطى والسفلى لايجاد المسافة . وبالمثل اذا كانت المسافة بعيدة جدا فقد نستخدم ربع فترة الاستاديا متى كانت قوة عدسات الجهاز تسمح بذلك (شكل ١٢٩) .



فترة الاستاديا = قراءة ربع الفترة x ٤



فترة الاستاديا = قراءة نصف الفترة x ٢

شكل رقم (١٢٩)

تعديل (تصحيح المسافات) :

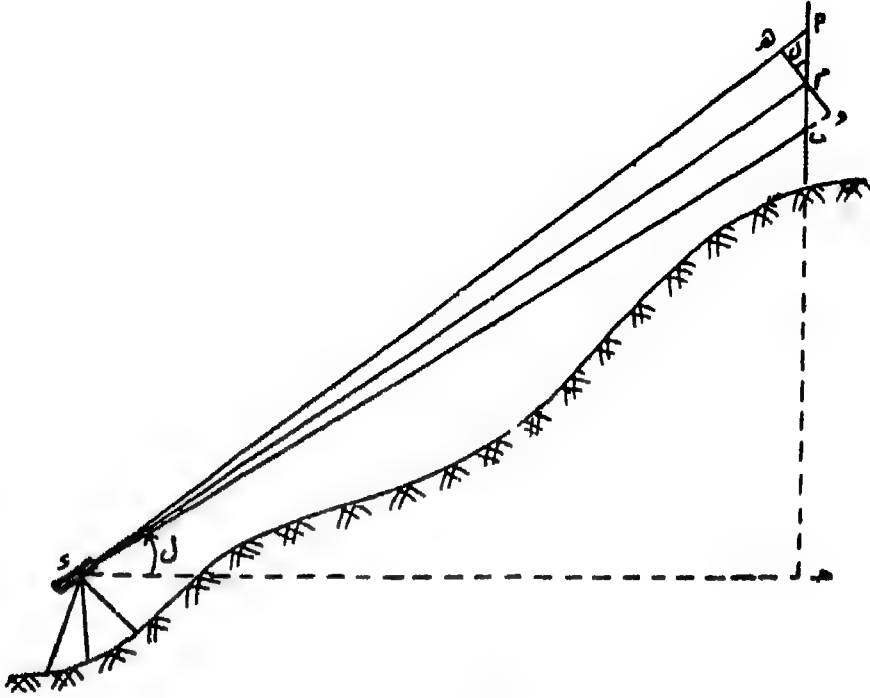
. نضطر فى كثير من الاحيان عند قياس مافة ما الى قياس زوايا راسية لفراة فترة الاستاديا وذلك لوقوع القامة اعلى أو أسفل المستوى الافقى للمنظار بفارق كبير وفى هذه الحالة تعتبر المسافات المحسوبة من فترة الاستاديا والثابت التاكيومتري مسافات مائلة يجب تعديلها (تصحيحها) حتى تصير افقية لان الابعاد التى يجب توقيها على اللوحة المستوية أو الخريطة ينبغى أن تكون افقية تماما أى مقاسة على المستوى الافقى . وفى الواقع فان هذه المسافات الافقية عبارة عن قواعد مثلثات قائمة الزوايا ، أوتارها هى المسافات المائلة . وأطوال أوتار المثلثات قريبة جدا من أطوال قواعدا اذا كانت زوايا رؤوسها لا تزيد عن أربع درجات ولا تجرى اية تصحيحات فى مثل هذه الحالة باعتبار أن الفرق بين الوتر وطول القاعدة صغير جدا يمكن اهماله . أما فى حالة الارصاد التى تزيد زوايا رؤوس مثلثاتها عن أربع درجات فلا بد من تصحيح مسافات الاستاديا الى مسافات افقية بتطبيق المعادلة :

$$\begin{aligned} \text{المسافة الافقية} &= \text{المسافة المائلة} \times \text{جتا الزاوية الرأسية} . \\ &= \text{فترة الاستاديا} \times \text{الثابت التاكيومتري} \times \text{جتا الزاوية} \\ &\quad \text{الرأسية} . \end{aligned}$$

حساب المنسوب بمعلومية فترة الاستاديا والزاوية الرأسية :

تستخدم طريقة شعرات الاستاديا فى قياس فرق المنسوب بين محطة الرصد التى يحتلها الجهاز وأى نقطة مرصودة تقف عليها القامة . وتعتمد الطريقة أساسا على وضع القامة فى وضع متعامد على خط النظر للمنظار واستخدام فترة الاستاديا (المسافة المحصورة بين الشعرتين العليا والسفلى على القامة) فى حساب المسافة الافقية و فرق المنسوب . ولكن غالبا ماتكون خطوط النظر مائلة وليست متعامدة على القامة حيث يمنع عدم انتظام السطح من تحقيق شرط تعامد خطوط النظر مع القامة . وبذلك ينتج خطأ فى حساب المسافات الافقية وفروق المنسوب ويزداد هذا الخطأ بزيادة الزاوية

الرأسية التى يصنعها المنظار مع المستوى الافقى • ويبين (شكل ١٣٠)
القواعد الخاصة بالاستاديا •



شكل رقم (١٣٠)

حيث أن : أب = فترة الاستاديا والقامة رأسية •
هـ و = فترة الاستاديا الحقيقية والقامة متعامدة على خطوط
المنظر •

ل = الزاوية الرأسية التى يصنعها الجهاز مع المستوى الافقى
وهى تساوى

$$\angle م د ج = \angle م هـ د$$

ج د = المسافة الافقية •

، ج = فرق المنسوب بين مستوى سطح الجهاز وقراءة الشعرة الوسطى •
هـ و = أب جتا ل ، ج د = د م جتا ل

ولكن د م = فترة الاستاديا (١٠٠) × ه و = ١٠٠ أ ب جتال .
 . المسافة الافقية ج د = ١٠٠ × أ ب جتال × جتال = ١٠٠ × أ ب
 × جتال^٢

وفرق المنسوب م ج = ١٠٠ × أ ب × جتال × جال . ولكن جال
 × جتال = ل ٢ جا

. فرق المنسوب م ج = ١٠٠ × أ ب × ل ٢ جا

يلاحظ بالنسبة لفرق المنسوب أن هذا الفرق هو بالنسبة للمحور الافقى
 للمنظار وليس للنقطة التى تقع أسفل الجهاز مباشرة على الارض ولذلك
 يجب أن نضع فى اعتبارنا حساب منسوب نقطة سطح الارض ، وكذلك فإن
 فرق المنسوب المحسوب يمثل فرق المنسوب بين المحور الافقى للجهاز ونقطة
 تقاطع الشعرة الوسطى مع القامة . ولذلك عند حساب منسوب نقطة القامة
 النهائى يجب أن نضع فى اعتبارنا هاتين الملاحظتين . ومعادلة حساب
 منسوب نقطة القامة هى :

المنسوب = ارتفاع المحطة التى يقف فوقها الجهاز + ارتفاع الجهاز
 - فرق المنسوب - قراءة الشعرة الوسطى .

وتختلف الاشارة الجبرية لفرق المنسوب حسب الزاوية الرأسية للمنظار
 فتكون (+) اذا كانت زاوية ارتفاع أى المنظار مائل الى أعلى ، (-)
 اذا كانت زاوية انخفاض أى المنظار مائل الى أسفل . ويطلق عادة على
 فرق المنسوب الرمز (ص) .

العمل بالبلانشيطة لتنفيذ الميزانية الشبكية (الميزانية الكنتورية) :

ذكرنا من قبل أن جهاز البلانشيطة يستعمل عند تنفيذ الميزانية بطرق
 الاشعاع والنقط المبعثرة ، والطريقة المباشرة .

أولا - طريقة الاشعاع :

بعد تشكيل الضلع حول وخلال المنطقة المراد اجراء ميزانية شبكية لها
 وضبطه ، وتوقيعه نجرى الآتى :

١ - نضع البالانشبطة فوق احدى نقط المضلع مثل (١) (شكل ١٣١)
وتضبط أفقيتها ، وترفع النقطة (١) من الطبيعة الى (١) على لوحة
البالانشبطة بواسطة شوكة الاسقاط .

٢ - توجه الاليداد الى النقطة التالية لنقطة ١ (ب مثلاً) وترصد
النقطة (ب ويرسم الشعاع أ ب) وتوقع عليه النقطة (ب) ، كذلك ترصد
النقطة السابقة لنقطة (١) فى الترافيرس (و مثلاً) ، ويرسم الشعاع أ و ويوقع
عليه النقطة (و) . ويحسن توجيه أشعة الى أكثر من نقطة من نقط المضلع
كلما أمكن ذلك .

٣ - نختار اتجاه ثابت وليكن الاتجاه أ ب أو أ و ، ونعين منه اتجاه
خطوط اشعاعية صادرة من النقطة أ ، تتقارب أو تتباعد أى تصغر أو تكبر
الزوايا بينها حسب طبيعة الارض .

٤ - نضع حافة الاليداد منطبقة على الشعاع الاول ، وناخذ مناسيب
سطح الارض عند نقط تغير الانحدار على طول اتجاه هذا الشعاع .
والارصاد اللازمة لتحديد موقع القامة ومنسوب الارض تحتها هى : قراءة
الشعرات العليا والوسطى والسفلى ، والزوايا الرأسية سواء كانت زاوية
ارتفاع أو انخفاض ، وارتفاع المحور الأفقى للمنظار عن سطح الارض التى
يقف عليها الجهاز .

٥ - يحدد موقع القامة المرصودة بحساب المسافة الأفقية بينها وبين
موقع الجهاز ، وذلك كالاتى :

أ (اذا كان منظار الاليداد افقياً تماماً فان المسافة الأفقية = الفرق
بين قراءة الشعرتين العليا والسفلى \times الثابت التاكيومتري لجهاز الاليداد
وهو فى العادة = ١٠٠ .

ب) اذا صنع المنظار زاوية رأسية فان المسافة الأفقية = الفرق بين
قراءة الشعرتين العليا والسفلى \times الثابت التاكيومتري (١٠٠) \times جتا
الزاوية الرأسية .

٦ - يحدد منسوب القامة المرصودة كالآتى :

١ (اذا كان المنظار افقيا تماما ، فنوجد المنسوب كما نوجده فى الميزانية العادية تماما بقراءة الشعرة الوسطى على القامة . المنسوب = منسوب المحطة ١ + ارتفاع الجهاز - قراءة الشعرة الوسطى .

ب) اذا كان المنظار مائلا بزاوية رأسية فنوجد فرق المنسوب اولا (يرمز له عادة بالرمز ص) ، ص = الفرق بين الشعرتين العليا والسفلى X الثابت التاكيومتري X جا الزاوية الرأسية X جتا الزاوية الرأسية (جا الزاوية الرأسية X جتا الزاوية الرأسية = لـ جا الزاوية الرأسية) ويمكن صياغة المعادلة كالآتى :

ص = الفرق بين الشعرتين العليا والسفلى X الثابت التاكيومتري X لـ جا الزاوية الرأسية) .

ويحسب المنسوب بعد ذلك كالآتى :

المنسوب فى حالة زاوية الارتفاع = منسوب المحطة ١ + ارتفاع الجهاز + ص - قراءة الشعرة الوسطى .

المنسوب فى حالة زاوية الانخفاض = منسوب المحطة ١ + ارتفاع الجهاز - ص - قراءة الشعرة الوسطى .

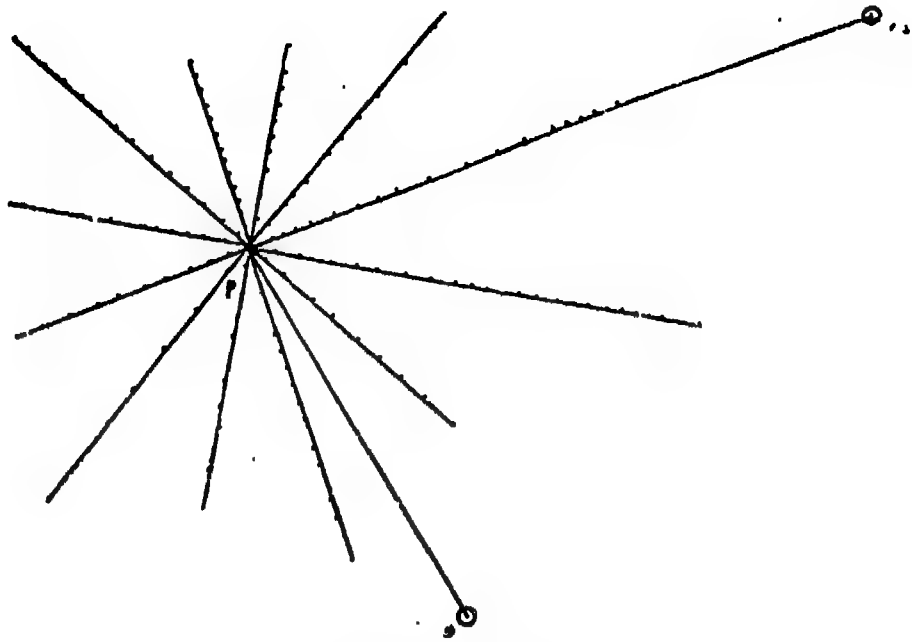
٧ - جدول تسجيل الارصاد كالآتى :

النقطة	قراءة الشعرات			والسفل	الفرق بين	الزاوية الرأسية	الارتفاع	المنسوب	الفرق	المنسوب	ملاحظات
	العليا	الوسطى	السفلى								

٨ - يكرر العمل بنفس الطريقة على باقى الاشعة شعاع تلو شعاع حتى الانتهاء من العمل فوق النقطة ١ ، ثم ننقل لباقى نقط المضلع ويكرر العمل فوق كل نقطة . ترفع النقطة من الطبيعة الى اللوحة وترصد وتوقع النقطتان المجاورتان لها السابقة والملاحقة ، ثم تعين اتجاه الخطوط، وترصد

مواقع ومناسيب نقط تغير انحدار سطح الارض على طول كل شعاع وتوقع هذه النقط وبجانبها مناسيبها .

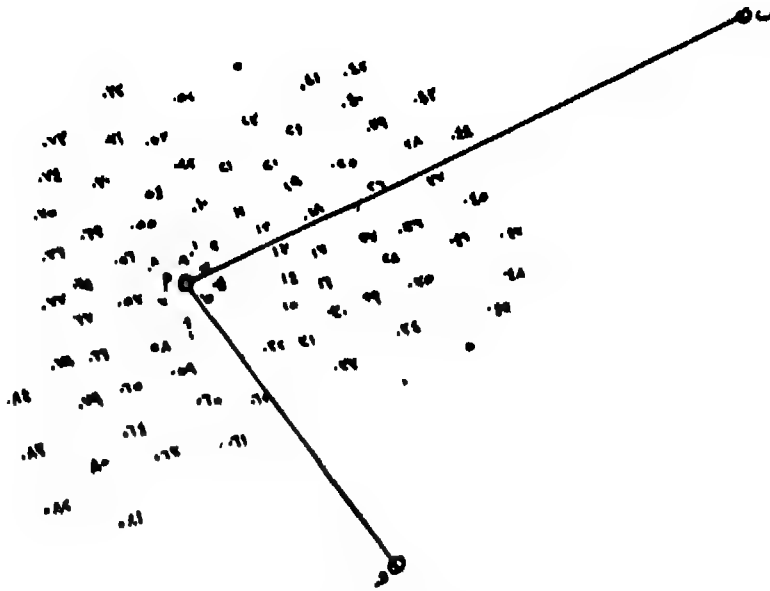
٩ - تجمع لوحات النقط بمساعدة الترافيرس المصحح والسابق توقيعه على اللوحة .



شكل رقم (١٣١)

ثانيا - طريقة النقط المبعثرة :

تستعمل هذه الطريقة فى جميع الاحوال ويتم العمل بها بنفس طريقة الاشعاع من تشكيل مضلع المنطقة بحيث يمكن رؤية المنطقة من نقطة ورفعه وتصحيحه وتوقيعه . تحتل البلانشيطة احدى النقط وترصد النقطتان المجاورتان لها . توجه الاليداد الى النقط التى يتغير فيها درجة الانحدار دون التقيد باتجاه معين ثابت ، وتوقع النقط بقياس المسافات اليها تاكيومتريا ، وتعين مناسيبها بنفس الطريقة السابقة . وبعد رصد وتوقيع جميع النقط المحيطة بهذه النقط من نقط الضلع ، تنقل البلانشيطة الى النقطة التالية وهكذا (شكل ١٣٢) ثم تضم اللوحات الى بعضها بمساعدة



شكل رقم (١٣٢)

الترافيرس السابق توقيعه فينتج لنا لوحة المناسب الكلية للمنطقة المراد رفع مناسيها .

ثالثا - الطريقة المباشرة :

تعتمد الطريقة المباشرة لرسم خطوط الكنتور على تحديد عدد من النقاط في الطبيعة لها نفس المنسوب ثم ترفع هذه النقاط على الخريطة . وتعطى هذه الطريقة دقة متناهية لكنها تحتاج الى وقت وجهد وعامل ماهر متمرن . وتستخدم عند انشاء الخرائط ذات الفترة الكنتورية الصغيرة (تتراوح بين ١ ، ٢ م) .

ويبين (شكل ١٣٣) منطقة مطلوب عمل خريطة كنتورية لها بفارق رأس قدره ١ م . فبمعلومية نقطتا المثلثات أو رؤوس الترافيرس (س ، ص مثلا) تعين مواقع خطوطا لكنتور في الطبيعة ثم ترفع على الخريطة وذلك باتباع الخطوات التالية :

١ - نختار نقطة متوسطة بالمنطقة ولتكن ه يمكن منها رؤية كل من نقطتى س ، ص نحتلها بميزان أو بلانشيطة مزودة بالليداد تلسكوبى أفقى يقوم بعمل الميزان .

٢ - نحسب المنسوب المتوسط لسطح الميزان أو الاليداد بالرصد على
قائمة راسية عند النقطتين س ، ص على التوالي .

$$\text{منسوب النقطة (س)} = ٢٥٧١٤ \text{ م}$$

$$\text{قراءة القائمة عند (س)} = ١٢٩ \text{ م}$$

$$\therefore \text{منسوب سطح الميزان عند (هـ)} = ٢٥٧١٤ + ١٢٩ = ٢٥٨٤٣ \text{ م}$$

$$\text{منسوب النقطة (ص)} = ٢٥٦٨٢ \text{ م}$$

$$\text{قراءة القائمة عند (ص)} = ١٦٣ \text{ م}$$

$$\therefore \text{منسوب سطح الميزان عند (هـ)} = ٢٥٦٨٢ + ١٦٣ = ٢٥٨٤٥ \text{ م}$$

$$\therefore \text{متوسط منسوب سطح الميزان عند هـ} = \frac{٢٥٨٤٣ + ٢٥٨٤٥}{٢}$$

$$= ٢٥٨٤٤ \text{ م}$$

٣ - لتحديد خط كنتور ٢٥٥ م مثلاً يجب أن تكون القراءة على
القائمة = ٢٥٨٤٤ - ٢٥٥٠٠ = ٣٤٤ م

تحدد أول نقطة فى الحقل تعطى هذه القراءة على القائمة برصد
عدة نقط حتى الوصول الى النقطة (أ) مثلاً التى تعطى القراءة ٣٤٤ م
على القائمة فتكون هذه النقطة احدى نقط خط كنتور ٢٥٥ .

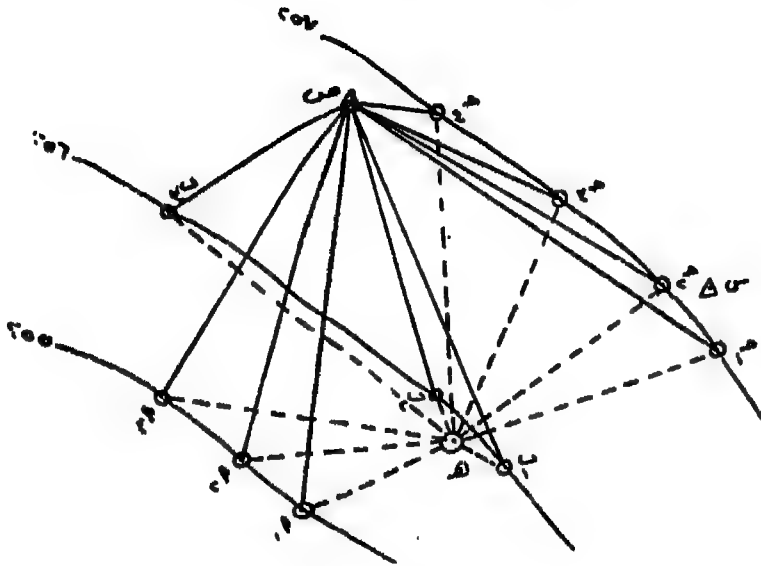
٤ - تنقل القائمة على المسار التقريبى المقدر لخط الكنتور (وهذه
تحتاج الى عامل أو مساعد ذو خبرة) ويتكرر تعيين الخط أ ، ب ، ج ، د ، هـ ،
ان وعند كل نقطة يتم تحديدها يدق وتدأ لتعيين موقعها على سطح الارض .

٥ - يكرر نفس العمل لتعيين نقط خط كنتور ٢٥٦ م مثلاً بتعيين قراءة
القائمة التى تعطى هذا المنسوب والتى تساوى ٢٥٨٤٤ - ٢٥٦٠٠ = ٢٢٤٤ م

القائمة التى تعطى خط كنتور ٢٥٧ م = ٢٥٨٤٤ - ٢٥٧٠٠ = ١٤٤ م
وهكذا يمكن تحديد مواقع خطوط الكنتور المختلفة على الطبيعة .

٦ - بعد تحديد نقط خطوط الكنتور المختلفة فى الطبيعة ترفع هذه النقط باستخدام البالانسيطة وذلك باحتلال احدى نقطتى المثلثات ولتكن (ص) مثلا وتوجه البالانسيطة توجيهها اساسيا وتسوى افقيتها وترسم اشعة من ص الى نقطة خطوط الكنتور المختلفة • وتعين هذه النقط بمعلومية مسافتها الافقية فقط بالطرق السابق شرحها •

٧ - نصل بين نقط كل خط الكنتور بخط منحنى فنحصل على كنتورات المنطقة موقعة على الخريطة بالمقياس المطلوب رسمها به •



شكل رقم (١٣٣)

الفصل الحادى عشر

مبادئ المساحة التصويرية وقراءة الصور الجوية

تعنى المساحة التصويرية القياس من الصور الجوية لتعيين مواقع النقاط على سطح الارض بالنسبة لبعضها البعض وأبعاد المواقع والاهداف. وترمى المساحة التصويرية الى انشاء أنواع مختلفة من الخرائط تبين المعالم الطبيعية والبشرية، ودراسة البيئة بهدف تخطيط وتنفيذ مشروعات التنمية. وقد زاد الاهتمام بدراسة الصور الجوية منذ الحرب العالمية الثانية فاستخدمته قوات المحور على نطاق واسع فى غزو فرنسا ووضع خطة ضرب مطارات الحلفاء فى الجبهة الغربية. وقد تنبأ القائد العسكرى الالمانى المشهور الجنرال «فرنهم فون فريتش» فى هذا الوقت (١٩٣٨) - بأهمية التصوير الجوى فى كسب الحرب العالمية الثانية عندما قال : ان الدولة التى سوف تملك أكثر أجهزة الاستكشاف الجوى فعالية هى التى سوف تكسب الحرب التالية. وبرغم تفوق الالمان فى بداية هذه الحرب فى فن الاستكشاف الجوى ، الا أن دول الحلفاء - بعد ادراكهم لأهمية هذا الفن - انكبوا على دراسات واسعة وتوصلوا الى نتائج باهرة فى فن التصوير الجوى وابتكار الاجهزة الخاصة بقراءة الصور الجوية وانشاء خرائط عديدة منها . ولعب هذا التقدم بعد ذلك دورا هاما فى حصار ليننجراد وفى معارك المحيط الهادى عام ١٩٤٣ مما دعا الادميرال «تيرنر» قائد القوات الامريكية البحرية الى قوله المشهور «ان الاستكشاف الجوى كان أحد وسائلنا الفعالة فى معارك الباسفيك ولا يمكن التقليل من أهميته» . ونتيجة للحرب العالمية الثانية والتنافس الشديد بين الدول الكبرى أثناء هذه الحرب فى تطوير وسائلها للاستكشاف والتجسس من الجو ، واستحداث طرق كثيرة لهذا الغرض لها قدرات متقدمة ، فقد تمهد الطريق للتقدم الهائل فى هذا الميدان بعد انتهاء

الحرب وحتى الآن . ولكن . . وكما هو الحال فى معظم الاختراعات والوسائل العلمية المتقدمة التى استحدثت أو طورت للاستخدامات العسكرية قام الانسان بعد ذلك بادراك الابعاد الهائلة لامكانيات تطويع واستخدام هذه التقنيات المتقدمة فى التطبيقات المدنية من أجل خير الانسانية ورفاهيتها .

استخدامات الصور الجوية :

تستخدم الصور الجوية فى الوقت الحاضر على نطاق واسع فى شتى المجالات ، ولعل أهم استخداماتها على سبيل المثال وليس الحصر فى :

- ١ - انشاء خرائط طبوغرافية بمقاييس مختلفة وبفترة كنتورية قد تبلغ أحيانا ٢٠ سم .
- ٢ - انشاء الخرائط الجيولوجية والجيومورفولوجية .
- ٣ - دراسة مصادر المياه السطحية منها والجوفية (خطوط الرشح) والفيضانات .
- ٤ - انشاء خرائط استخدام الارض .
- ٥ - دراسة التربة وحصر أنواعها .
- ٦ - حصر أنواع الزراعات وتحديد مساحة كل نوع ، وهذه لها أهمية كبيرة فى نواحى التخطيط الزراعى .
- ٧ - التخطيط العمرانى وتخطيط الطرق والسكك الحديدية واختيار انسب المواقع لانشاء المطارات والخزانات والسدود على الانهار .
- ٨ - فى علوم البحار والمحيطات والارصاد الجوية .
- ٩ - العمليات الحربية .

تصنيف الصور الجوية :

تصنف الصور الجوية على أسس مختلفة ، الا أن أهم هذه الاسس هى وضع المحور الضوئى لالة التصوير وزاوية فتحة عدستها ومقياس الرسم .

اولا - التصنيف على أساس وضع المحور الضوئى لالة التصوير : قد تؤخذ الصور الجوية بالة تصوير مسددة رأسيا الى أسفل أو قد تؤخذ بالة

تصوير فى وضع مائل وذلك عندما تسلك الطائرة اتجاهها افقيا . وتسمى الصور الاولى بالجور الرأسية Vertical أو الرأسيات وفيها يكون المحور الضوئى للكاميرا رأسيا . وتسمى الثانية بالصور المائلة Oblique أو المائلات وفيها يكون المحور الضوئى لآلة التصوير مائلا . وتنقسم الصور الجوية المائلة الى نوعين : الاولى صور قليلة الميل Low Oblique وذلك اذا كان خط الافق لا يظهر بها وتسمى فى هذه الحالة بالمائلات المنخفضة والثانية صور كبيرة الميل High Oblique ويظهر بها خط الافق وتسمى بالمائلات العالية أو مائلات الافق . وهناك علاقات رياضية تربط بين الصور الرأسية والمائلة بحيث يمكن تحويل الصور الجوية المائلة الى صور جوية رأسية .

وفى الواقع لا تستطيع الطائرة الاحتفاظ بوضعها الافقى تماما اثناء التقاط الصور الجوية الرأسية وذلك لتأثيرها بالظروف الجوية اثناء الطيران ولذلك فان المحور الرأسى لآلة التصوير يميل عن الوضع الرأسى ، ولكن يمكن اعتبار الصور رأسية اذا ميل المحور لا يتعدى ٤ درجات .

ثانيا - التصنيف على أساس زاوية تصويرية العدسة Angle of the View of Camera : هناك ثلاث أنواع من العدسات ذات زوايا تصوير مختلفة ، عدسات ذات زوايا تصوير عادية Standard Normal Angle وفيها تتراوح الزاوية بين ٦٠° و ٧٥° . وعدسات ذات زوايا تصوير كبيرة Wide Angle وفيها تصل قيمة الزاوية الى ١٠٠° ، والنوع الثالث عدسات ذات زوايا كبيرة جدا Super Wide Angle وفيها تصل الزاوية الى ١٢٢° أو أكبر من ذلك وقد تختلف أنواع العدسات الثلاث فى بعدها البؤرى فتكون ٢١ سم للعدسات العادية ، ١٥٢ سم للعدسات ذات الزوايا الكبيرة ، ٧ سم للعدسات ذات الزوايا الكبيرة جدا . وتستخدم العدسات العادية فى انتاج الصور اللازمة لانشاء الخرائط الطبوغرافية صغيرة المقياس ، فى حين تستخدم العدسات ذات الزوايا الكبيرة لانشاء الخرائط متوسطة المقياس .

وبمعنى آخر هناك علاقة بين زاوية العدسة والبعد البؤرى ومقياس الرسم فكلما كبرت زاوية العدسة كلما صغر البعد البؤرى ومقياس الرسم والعكس صحيح أى أن العلاقة عكسية . وعلى هذا الاساس تنقسم الصور

الجوية الى :

١ (عدسات ذات زوايا تصوير عادية ٦٠' - ٧٥' ، تنتج صور جوية
ابعادها ١٨ × ١٨ سم اذا كان بعدها البؤرى ٢١ سم وصور ١٤ × ١٤ سم
اذا كان بعدها البؤرى ١٧ سم .

ب) عدسات ذات زوايا تصوير كبيرة ٦٠' - ٩٥' - ١٠٠' وتنتج
صورا ابعادها ٩ × ٩ بوصة اذا كان بعدها البؤرى ١٥ر٢٤ سم ، وصور
١٨ × ١٨ سم لبعده بؤرى ١١ر٥ سم ، وصور ١٤ × ١٤ سم لبعده بؤرى
١٠ سم .

ثالثا - التصنيف على اساس مقياس الرسم : تنقسم الصور الجوية من
حيث مقياس رسمها الى :

١ (صور صغيرة المقياس ، ومقياس رسمها أصغر من ١ : ٢٠.٠٠٠
وتستعمل فى الدراسات الجيولوجية والجيومورفولوجية والهيدرولوجية
وحصر التربة واستخدام الارض .

ب) صور متوسطة المقياس ، ويتراوح مقياس رسمها بين ١ : ١٠.٠٠٠ ،
١ : ٢٠.٠٠٠ وتستخدم فى تخطيط المدن والطرق والسكك الحديدية
ومشروعات مد خطوط المياه والكهرباء .

ج) صور كبيرة المقياس ، ومقياس رسمها أكبر من ١ : ١٠.٠٠٠
وتستعمل فى الدراسات التفصيلية للمشروعات الهندسية والصناعية .

مقياس الرسم فى الصور الجوية

يعتمد مقياس رسم الصور الجوية الرأسية وأبعاد المساحة التى تغطيها
على البعد البؤرى لآلة التصوير من ناحية وعلى الارتفاع الذى أخذت منه
الصورة أى ارتفاع الطائرة من ناحية أخرى . فكلما زاد الارتفاع وصغر
البعد البؤرى ازدادت المساحة المغطاة بالصورة . ويبين المقياس عادة بكسر

ب
اعتيادى — أو ب : ع حيث ب تساوى البعد البؤرى لآلة التصوير ، ع

ارتفاع آلة التصوير اى ارتفاع الطيران . فمثلا اذا كان البعد البؤرى = ١٢ بوصة وارتفاع الطائرة ٢٠٠٠ قدم عند التصوير يكون مقياس رسم الصورة ١ : ٢٠٠٠ .

وتعطى الابعاد البؤرية الآتية نفس المقياس (١ : ٢٠٠٠) على ارتفاعات الطيران المقابلة لها :

بعد بؤرى ٦ بوصة عند ارتفاع طيران ١٠٠٠٠ قدم
بعد بؤرى ٥٢٥ بوصة عند ارتفاع طيران ٩٧٥٠ قدم
بعد بؤرى ٨٢٥ بوصة عند ارتفاع طيران ١٣٥٧٠ قدم

وتعتبر الصور المأخوذة من آلات التصوير ذات البعد البؤرى الاخير عند الارتفاع المقابل من افضل الصور الخاصة بالدراسات الجيولوجية والجيومورفولوجية .

وللصور الجوية الراسية وضوح منتظم فى مساحتها الكلية اى أن الاشياء تظهر فى جزء منها بنفس الوضوح الذى تظهر به فى أى جزء آخر .
أما الصور المائلة فانها تعطى فكرة طيبة عن المنظور فهى تبين التلال والودى والاشكال الارضية الاخرى ولكنها لا تظهر واضحة فى مجملها .
فبينما تكون التفاصيل واضحة فى الجزء القريب من موضع التصوير تفقد الوضوح نحو الجهة البعيدة . وتغطى المائلات الكبيرة (مائلات الافق) مساحة أكبر من تلك التى تظهر فى صورة جوية راسية مأخوذة من نفس النقطة ، ذلك لان اتساع المنظر يتزايد بسرعة نحو الافق . أما المائلات المنخفضة فتغطى مساحة أصغر وهى أيضا تفقد كمية من وضعها من الامام (الجهة القريبة) الى الخلف (الجهة البعيدة) . وبصفة عامة فان المساحة الارضية المغطاة بصورة مائلة تظهر فى شكل شبه منحرف قاعدته فى الناحية القريبة (شكل ١٣٤) .

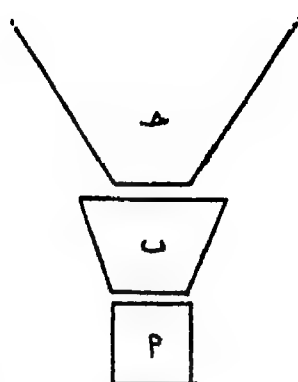
ويتساوى مقياس الرسم فى أى صورة مائلة على طول أى خط مواز للافق ، ولكنه يصغر على هذه الخطوط المتوازية من الناحية القريبة فى الصورة الى ناحيتها البعيدة . ويصغر المقياس تدريجيا فى جميع الاتجاهات

الآخرى على طول الخط من الامام الى الخلف . وفى المائلات الكبيرة يكون معدل التغير فى المقياس من الناحية الامامية الى الناحية الخلفية أكبر منه فى المائلات المنخفضة .

صوره شديدة الميل يظهر فى الأفق .

صوره مائله لا يظهر فى الأفق .

صوره رأسية



شكل المساحة المغطاة بأنواع الصور الجوية

شكل رقم (١٣٤)

العلاقة بين مقياس رسم الصور الجوية الرأسية
ومقياس رسم الخرائط الطبوغرافية

ذكر من قبل أن الصور الجوية الرأسية تنقسم من حيث مقياس الرسم الى صور صغيرة المقياس ومتوسطة المقياس وكبيرة المقياس . وفى الواقع فإن مقياس رسم الخرائط الطبوغرافية يتناسب مع مقياس رسم الصور الجوية الرأسية تناسباً طردياً . وهذا يعنى أن هناك اختلاف بين مقياس رسم الصورة ومقياس رسم الخريطة المنشأة منها . وتتبع العلاقة بين مقياس رسم الخرائط كبيرة المقياس (مقياس ١ : ١٠٠٠٠ وأكبر) ومقياس رسم الصورة المعادلة الآتية :

$$\frac{1}{M} = \sqrt{\frac{H}{M}}$$

١
حيث — : مقياس رسم الصورة الجوية
م

ث : ثابت يتغير حسب ظروف التصوير ويكون ٢٥٠ فى ظروف التصوير العادية ٢٠٠ ، فى ظروف التصوير غير المناسبة .
م : مقياس رسم الخريطة المنشأة من الصورة .

ملحوظة : يستخدم فى هذه المعادلة مقام المقياس الكسرى أو الطرف الايسر للمقياس النسبى . ويبين الجدول التالى القيم المختلفة لمقياس رسم الخرائط وما يقابلها من مقياس رسم الصور الجوية الرأسية :

مقياس رسم الصورة الجوية الرأسية		مقياس رسم الخريطة
ظروف تصوير غير مناسبة	ظروف تصوير عادية	
٤٥٠٠ : ١	٥٥٠٠ : ١	٥٠٠ : ١
٦٣٠٠ : ١	٨٠٠٠ : ١	١٠٠٠ : ١
٩٠٠٠ : ١	١١٠٠٠ : ١	٢٠٠٠ : ١
١٤٠٠٠ : ١	١٧٥٠٠ : ١	٥٠٠٠ : ١
٢٠٠٠٠ : ١	٢٥٠٠٠ : ١	١٠٠٠٠ : ١

أما فى حالة الخرائط صغيرة المقياس (أصغر من ١ : ١٠٠٠٠) فإن مقياس رسم الصور يتوقف على ارتفاع الطيران (ع) والبعد البؤرى لعدسة التصوير (ب) . ويرتبط ارتفاع الطيران (ع) مع الفترة الكنتورية للخريطة وتحدد المعادلة الآتية هذا الارتباط أو العلاقة :

$$ع = ج \times \text{الفترة الكنتورية} .$$

حيث ج = ثابت تناسب يعرف بمعامل الجهاز الذى يستعمل فى تحويل الصورة الجوية الى خريطة طبوغرافية . ويختلف هذا الثابت من جهاز لآخر . ويبين الجدول التالى قيمة المعامل لبعض أجهزة المساحة الجوية .

المتوسط	المعامل	الجهاز
٦٠٠	يتراوح بين ٥٠٠ - ٦٠٠	جهاز الملتبلكس
٩٥٠	يتراوح بين ٩٠٠ - ١٠٠٠	جهاز الكلش
١٢٠٠	يتراوح بين ١٠٠٠ - ١٤٠٠	جهاز أوتجراف ٨١
		جهاز أوتجراف ٧١
١٤٠٠	يتراوح بين ١٢٠٠ - ١٦٠٠	جهاز استريو بلانوجراف جهاز بوفيليه

وهناك علاقة أيضا بين مقياس رسم الخريطة (-) وارتفاع الطيران

(ع) ومعامل آخر يسمى ثابت المستوى لارتفاع الجهاز (د) حيث

$$\frac{1}{م} = \frac{د}{ع} \text{ أو } د = ع \times \frac{1}{م}$$

وتختلف قيمة الثابت (د) من جهاز لآخر ، فمثلا في حالة جهاز الملتبلكس $د = ٣٦٠$ ملليمتر + ٩٠ ملليمتر . فاذا افترضنا أنه مطلوب إنشاء خريطة طبوغرافية بمقياس رسم ١ : ١٠.٠٠٠ من صورة جوية رأسية

$$\text{بجهاز الملتبلكس ، فإن أفضل طيران (ع) = } \frac{٣٦٠}{١٠٠٠} \times ١٠.٠٠٠ = ٣٦٠٠$$

$$\text{مترا . ويمكن رسم خطوط كنتور بفارق قدره } \frac{٦٠٠}{٣٦٠٠} = \frac{ج}{ع} = ٦ \text{ متر .}$$

$$\text{ويكون مقياس رسم الصورة الجوية = } \frac{١}{م} = \frac{ع}{ب} \text{ حيث (ب) هي}$$

البعد البؤري لعدسة آلة التصوير = ٦ بوصة أو ١٥ سم .

$$\therefore \frac{١}{م} = \frac{٠.١٥}{١٥} = \frac{٣٦٠٠}{٣٦٠٠ \times ١٠٠} = \frac{١}{٢٤٠٠٠} \text{ أي أن مقياس}$$

رسم الصورة الجوية يجب أن يكون ١ : ٢٤.٠٠٠ .

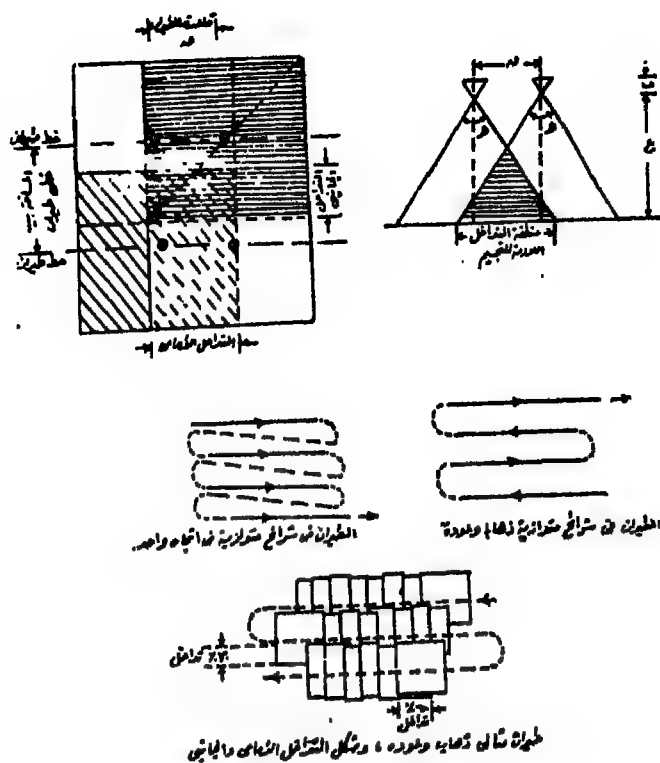
من هذا يتضح كيفية تحديد مقياس رسم الخريطة ومقياس رسم الصورة الجوية والفترة الكنتورية وارتفاع الطيران لتوقيع الخرائط على جهاز الملتبكس . وبالمثل يمكن حسابها لى من أجهزة المساحة الجوية اذا علمت ثوابت هذا الجهاز والذي غالبا ما تعطيه الشركة المنتجة . فمثلا الثابت (د) لجهاز الكلش ٧٦٠ ملم \pm ١٩٠ ملم . ومن الشروط الهامة أيضا أن يقع أقصى ارتفاع وأقل انخفاض لسطح الارض فى حدود عمق الرؤية الواضحة حيث يختلف مدى عمق الرؤية من جهاز لآخر . وفى جهاز الملتبكس يصل عمق الرؤية للجهاز الى \pm ٩٠ ملم بينما عمق الرؤية فى جهاز الكلش الى \pm ١٩٠ ملم وهذا ما يعرف بطاقة الجهاز المحدودة العمل .

خطوات انشاء خرائط من صور جوية راسية

تتبع الخطوات التالية عند انشاء خرائط من مساحة جوية :

أولا - اعداد خرائط الطيران للمنطقة المطلوب رفعها :

يراعى عند اعداد خريطة الطيران وجوب تغطية المنطقة كاملة بالصورة الجوية . ويشترط فى هذه التغطية أن تكون تغطية تجسيم أى أن تكون هناك مساحة متداخلة (مكررة) بين أى صورتين متتاليتين لا تقل عادة عن ٦٠% ، وفى نفس الوقت مساحة متداخلة بين أى صورتين متجاورتين لا تقل عن ٣٠% . وتغطية التجسيم ضرورية لأن وجود الصور المشتركة أى المتداخلة من أسس الرؤية المجسمة من الصور الجوية والتي يعتمد عليها عند تحويل الصور الى خرائط كنتورية . لذا يجب أن تطير الطائرة فى مسارات متوازية تبعد بعضها عن بعض بمسافة تحقق هذا التداخل الجانبي وأن تؤخذ الصور كل فترة زمنية أو مسافة معينة لتحقيق التداخل الامامى (المتتالى) . فإذا كان الطيران على ارتفاع متوسط قدره ١٣٧٥٠ قدم والبعد البؤرى لعدسة آلة التصوير ٨ر٢٥ بوصة ، فإن هذا التداخل الجانبي يحتاج الى خطوط طيران متوازية يبعد كل منها عن الآخر بحوالى ٢ ميل، وتؤخذ الصورة فى اتجاه خط الطيران كل مسافة قدرها ميل واحد . ويمكن تنظيم خطوط الطيران اما فى خطوط أو شرائح متوازية ذهابا وعودة أو فى خطوط كلها فى اتجاه واحد ، والطريقة الاخيرة أفضل من الاولى لضمان ثبات الصور المتتابعة مهما كانت الظروف الجوية المصاحبة للطيران (شكل ١٣٥) .



شكل رقم (١٣٥)

ثانيا - ارتفاع الطيران :

يحدد ارتفاع الطائرة بعد حسابه تبعا لمقياس الرسم والاجهزة التى تستخدم فى تحويل الصورة الجوية الى خريطة طبوغرافية كما ذكر سابقا . ويجب ألا يزيد الخطأ فى ارتفاع الطائرة عن ١٪ من الارتفاع المحسوب .

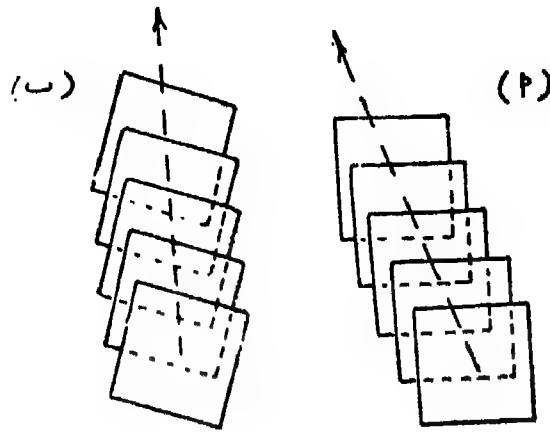
ثالثا - تحديد فترات التصوير :

تؤخذ الصور من الطائرة تبعا لنظام معين أى يجب حساب الفترة الزمنية التى تمضى بين التقاط أى صورة والتالية لها ، وبحيث تحقق هذه الفترة كمية التداخل الامامى المطلوب (٦٠٪) . وبذلك فان أى صورة فى شريحة صور متتابعة لابد وأن تحتوى على بعض معالم ثلاث صور متتابعة ماعدا الصورتين الاولى والاخيرة فى هذه الشريحة . وفى الحقيقة يتحدد

مقدار التداخل حسب الغرض الذى ستستعمل فيه المساحة المطلوبة . ففى حالة انشاء الخرائط المصورة (الموزيك) يكفى تداخل ٢٠ الى ٢٥ ٪ . أما فى حالة انشاء خرائط كنتورية فيجب ألا يقل التداخل عن ٥٠ ٪ بأى حال من الاحوال ، وذلك للتخلص من اطراف الصورة التى يصيبها التشويه من ناحية ، ولأن هذا التداخل يعتبر من العناصر الاساسية لرؤية الابصار المنجم ، لانه تستعمل فقط الاجزاء المتداخلة من ازواج الصور .

رابعا - احتياجات التصوير واختبارات الصور :

يتعرض التصوير الجوى حتى لو تم تحت أنسب ظروف لشيء من عدم الدقة وذلك لصعوبة الطيران فى مسلك مستقيم ورأسيا ، وصعوبة منع الميل الجانبى للطائرة وبالتالي ميل محور آلة التصوير اثناء الطيران . وإذا كان الطيار ذو خبرة ومزود بخريطة جوية جيدة كدليل له ، وإذا كان طياره تحت ظروف جوية مناسبة وعلى ارتفاع يتراوح بين ١٠٠٠٠ ، ١٥٠٠٠ قدم فانه يستطيع الاحتفاظ بمسلك (بخط طيران) فى نطاق أقل من ١ ٪ من الاتجاه المرسوم ولا تزيد التغيرات فى الارتفاع عن ١٠٠ قدم . أما عندما تطير الطائرة على ارتفاعات أقل من ذلك فان ظروف الهواء تصبح أكثر تغيرا وبالتالي يصير الطيران الثابت صعبا أو مستحيلا . ولهذا السبب قلما تنشأ خرائط مصورة من صور مأخوذة على ارتفاعات أقل من ٧٥٠٠ قدم . وعندما تهب رياح متعامدة على خط طيران - وتدفع الطائرة شيئا ما بعيدا عن طريقها المرسوم فانه ينتج انحراف وزحف لكل صورة عن الصورة السابقة لها واللاحقة ، أى أن كل صورة تكون صحيحة التوجيه بالنسبة للطريق المرسوم الا انها تكون مزاحة قليلا فى الناحية المدابرة للرياح بالنسبة للصورة التى أخذت قبلها مباشرة . وبسبب ذلك فان خطوط الطيران المتجاورة والتى كان المقصود جعلها متوازية تتعرج بعضها عن بعض أو تتقارب . أما اذا ظلت الطائرة فى مسلكها المناسب بالطيران نوعا ما نحو الريح ولكن بدون ضبط آلة التصوير لتعويض سير الطائرة المنحرف هذا ، فان الصور المتتالية تصنع زاوية مع اتجاه الطيران تسمى زاوية الطيران (شكل ١٣٦) . ويستحيل تقريبا منع ميل الطائرة التى تسببه الرياح المتغيرة وهذا



المواضع النسبية للصورة الجبرية

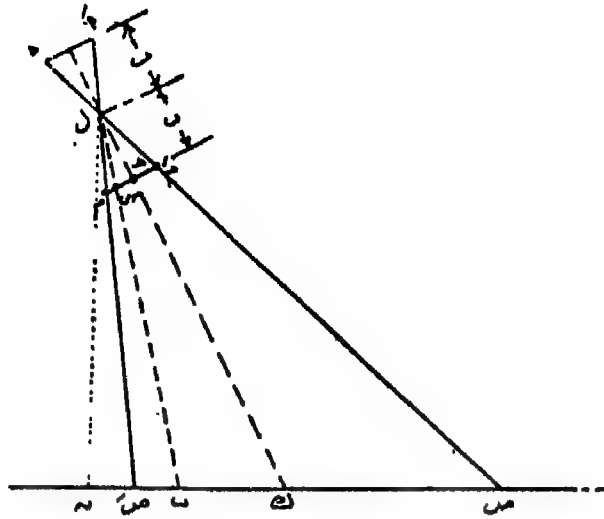
من حالة الانحراف عند خط الطيران (پ)، وفي

حالة وجود زاوية فرق الطيران (ب).

شكل رقم (١٣٦)

يعنى وجود بعض التشويه يسمى الميل . وفى الصور المأخوذة من ارتفاع ١٠٠٠ الى ١٥٠٠ قدم وتحت ظروف طيران مناسبة لا يزيد الميل عن ٣٪ كاقصى حد . ويبين (شكل ١٣٧) علاقات الانحراف فى الصور الجوية الرأسية . ويبين هذا الشكل وضع العدسة والفيلم الذى يستعمل فى التصوير والأرض الجارى تصويرها .

م م موضع الصورة المعتدلة أمام العدسة وتقع على مسافة (بعد) تساوى بعد الفيلم الذى يتم التصوير عليه خلف العدسة يساوى البعد البؤرى للعدسة . (ب = ل ج) . ل ك محور آلة التصوير وهو ينصف الزاوية ص ل ص التى تغطى الصورة . نقطة ج هى نقطة المركز أو النقطة الرئيسية للصورة، ويمر بها ل ك . نقطة ن هى نقطة التماسات أو نقطة النظر وهى تقع رأسياً تحت مركز العدسة . ويقطع الخط ل ب منتصف الزاوية ن ل ك الصورة فى نقطة س التى تسمى مركز التساوى وفى الصورة الرأسية التى ليس بها الانحراف يتطابق ل ن ، ل ك ، ل س جميعها . ولكن اذا كان



شكل رقم (١٣٧)

هناك انحراف فان زاوية صغيرة توجد بين ل ن ، ل ك . ولا تنطبق نقطة التماسات على النقطة الرئيسية . وهناك أجهزة خاصة يتم بها تعديل الصور الرأسية التي بها انحراف قبل استخدامها فى انشاء الخرائط المختلفة .

وبعد الانتهاء من عملية التصوير تجرى الاختبارات الآتية :

(١) الفيلم : تختبر جودة تصوير الفيلم وهل به بقع أو نقط تتسبب فى ضياع المعالم الطبوغرافية . وفى الواقع هناك أنواع من الأفلام ولكل نوع خصائصه ومميزاته التى يمكن اجمالها فى الجدول التالى .

(ب) نوع التصوير .

(ج) التداخل الامامى والجانبى على حسب المطلوب ويجب ألا توجد ثغرات فى المنطقة خالية من التصوير .

(د) التغير فى مقياس الصورة نتيجة اختلاف ارتفاع الطائرة من ناحية واختلاف قيمة التضاريس من ناحية أخرى .

فيلم ملون Coloured	فيلم Infraed	فيلم بانوكروم Panochromatic
وهو أفضل الانواع جميعها ولكنه لا يستخدم الا نادرا لارتفاع ثمنه وتكاليف تحميضه وطبعه الباهظة .	١ - مرتفع الثمن ٢ - لا يمكن حفظه اذ انه يتاثر بالعوامل الجوية وأهمها الرطوبة ٣ - تظهر فيه المجاري المائية بلون داكن ٤ - يصلح للاراضى الصحراوية	١ - رخيص الثمن ٢ - يمكن تخزينه لمدة ٣ - ٤ سنوات ٣ - تظهر فيه المجاري المائية بلون فاتح . ٤ - لا يصلح استخدامه فى الاراضى الصحراوية أو الملحة بصفة عامة .

خامسا - فهرس الصور :

تحمض السلبات وتثبت بعد تسجيل تاريخ تصوير كل سلبية عليها ورقمها وبذا تظهر هذه الارقام على الصور الايجابية . ثم يحضر منها طبعات زجاجية لاستخدامها فى أجهزة تحويل الصور الجوية الى خرائط، وهذه الطبعات اما أن تكون مصغرة أو بالحجم الطبيعى . وقد تطبع الصور الايجابية على ورق وتثبت فى مواضعها الصحيحة تقريبا على لوحة حائط وتلصق فى مكانها وبعد ذلك تصور المجموعة كلها لتكون بمثابة فهرس للصور .

سادسا - تحقيق الربط الارضى :

يجرى تحقيق بعض النقاط الثابتة على سطح الارض التى سبق تحديد احداثياتها فى المستوى الافقى وفى المستوى الرأسى قبل عملية التصوير وتمييزها حتى تظهر على الصور الجوية بوضوح والغرض من هذا التحقيق هو ضبط مقياس رسم الصورة الجوية ومقارنة منسوب الصورة بالنسبة

للمناسب الأرض . وفى الواقع يختلف عدد النقاط الثابتة على سطح الأرض حسب الغرض الذى تم من أجله التصوير . وفى حالة الموزيك (الخريطة المصورة) ينبغى أن يكون هناك على الأقل ثلاث نقط معلومة فى أى صورة جوية منفردة . أما فى حالة استعمال الابصار الجسم لانشاء خريطة كنتورية فيجب على الأقل وجود نقطتين معلوم موقعهما ومنسوبهما .

سابعا - انشاء الموزيك (الخريطة المصورة) :

الموزيك هو مجموعة من الصور الجوية الفوتوغرافية المتتابعة المأخوذة فى شريط واحد أو عدة أشرطة متجاورة ، وتلصق ببعضها بحيث تبدو المعالم الطبوغرافية فى صورة متكاملة وطبيعية حتى تمثل مع بعضها صورة واحدة لمساحة ما من سطح الأرض .

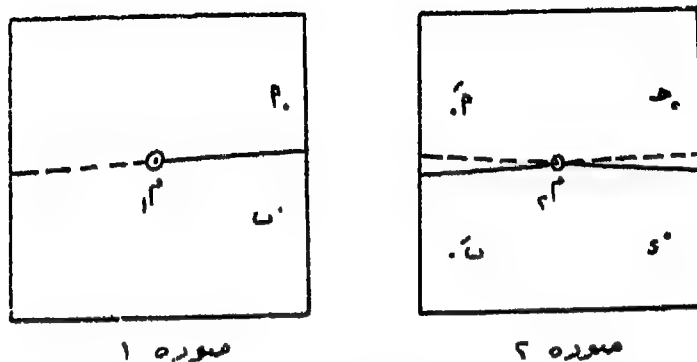
ويمتاز الموزيك عن الصورة الواحدة فى أنه يظهر مساحة كبيرة من الأرض ، كما أنه يمتاز عن الخرائط الطبوغرافية المرسومة بطرق المساحة الأرضية العادية بكثرة التفاصيل والسرعة وقلة التكاليف ، ولكنه لا يمكن استعماله كخريطة طبوغرافية يمكن ايجاد فروق المناسب منها .

وينقسم الموزيك حسب دقة الربط الأرضى الى قسمين :

أولا - الموزيك غير المربوط : وهو عبارة عن تجميع الصور ولصقها بجوار بعضها البعض بحيث تنطبق المعالم الطبوغرافية على بعضها وتبدو كأنها متصلة ببعض ، وهذا الموزيك يكون مقياسه غير مضبوط . ولعمل هذا الموزيك يجرى الآتى :

- ١ - تحدد مراكز الصور الجوية ، وذلك برسم قطرى الصورة ويتخذ من نقطة تقاطعها مركزا للصورة . وأحيانا يوجد صليبا مصورا على الصورة يحدد المركز . تعطى مراكز الصورة م ١ ، م ٢ ، م ٣ ، م ٤ الخ .
- ٢ - يختار نقطتان على الحرف الايمن للصورة اليسرى مثلا فوق وأسفل المركز ، ويجب أن تكون هاتان النقطتان ظاهرتان فى الجزء المشترك فى الصورة الثانية . ولتكن هاتان النقطتان أ ، ب على الصورة الاولى ، أ^١ ، ب^١ على الصورة الثانية . ثم تثقب الاربع نقط بدبوس . ويختار على

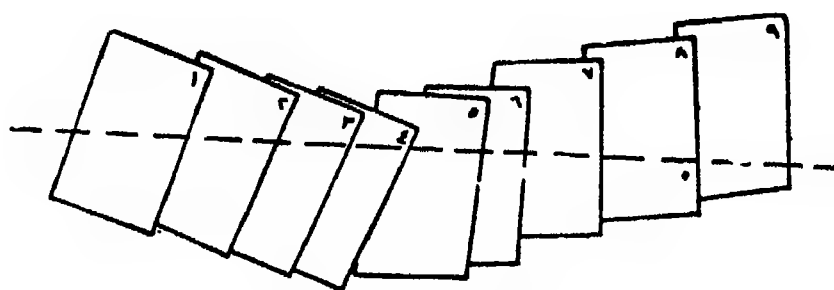
الصورة الثانية مثل هاتين النقطتين ج ، د على الحرف الايمن ، ونعين على الصورة الثالثة ج ، دَ وهكذا يستمر فى العمل وبهذا نلاحظ أنه قد تعينت على كل صورة ماعدا الصورتين الاولى والاخيرة مركزها واربع نقط اخرى اثنتان على الحرف الايسر واثنان على الحرف الايمن . ويحسن أن تكون النقط الجانبية متساوية البعد عن المركز تقريبا ، كما يجب أن تكون فى مواضع تمثل المنسوب المتوسط للمنطقة أى ألا تكون على قمم جبلية أو فى قيعان منخفضات حتى نتجنب انحراف الاتجاه بقدر الامكان (شكل ١٣٨) .



شكل رقم (١٣٨)

٣ - يستمر فى عمل مجموعة من الاشرطة المتتابة بهذه الطريقة حتى تغطى المنطقة المطلوب انشاء خريطة لها .

ويصبح المحور الشرقى الغربى للأشرطة هو المحور الشرقى الغربى للخريطة وطوله فى هذه الحالة لا يتغير . تؤخذ ورقة شفاف بحجم مناسب لتغطية شريط الصور ، وتوضع الصورة الاولى تحت الطرف الايسر للورقة ويوقع عليها ١م ، ١ ، ب من الصورة . تسحب هذه الصورة وتوضع الصورة الثانية (المجاورة لها من الناحية اليمنى) بحيث تنطبق ١ ، ب على ١ ، ب بالموقعتان على ورقة الشفاف وتعين موقع ٢م ، ج ، د . تسحب الصورة الثانية وتوضع الثالثة وتطبق ج ، د على ج ، د وتوقع ٣م ، هـ وهكذا كما فى (شكل ١٣٩) .



تصميم الصور المتداخلة



الرسم على العرصة الشفاف بمرسبين النقط

شكل رقم (١٣٩)

٤ - يمد خط يصل مراكز الصور على ورقة الشفاف ثم توضع الصورة الاولى تحت الشفاف مرة ثانية بحيث ينطبق م١ ، ١ ، ب على كل من الورقة والصورة ، وتثقب نقطة قريبة من حرف الصورة على الخط م١ م٢ ، على الشفاف . ترفع ورقة الشفاف ويرسم على الصورة خطا يصل مركزها م١ بأثر الثقب على الصورة ، أى بمعنى آخر يرسم خطا على الصورة نفسها يصل بين مركزها ومركز الصورة التالية لها . تسحب الصورة الاولى وتدخل الثانية بحيث ينطبق م٢ والعلامات الاخرى على الصورة مع مثيلاتها على الشفاف . ينقل م١ م٢ ، م٢ م٣ الى الصورة الثانية بنفس طريقة الصورة الاولى . وبهذا نلاحظ ان فى جميع الصور ماعداء الاولى والاخيرة خطان يصلان مركزها بمركز الصورتين الجانبيتين السابقة واللاحقة لها .

٦ - يطبق الخط الواصل م١ م٢ على الصورة الاولى على الخط م٢ م٣ على الصورة الثانية أى الخط المرسوم على الجانب الايمن من الصورة الاولى مع الخط المرسوم على الجانب الايسر للصورة الثانية تطبيقا دقيقا ويمكن الاستعانة بدبوس ، وتثبت الصورة الاولى مع نصف الصورة الثانية . وهكذا

يطبق الخط الايمن على الصورة الثانية على الخط الايسر للصورة الثالثة ،
وتثبت الصورة الثانية مع نصف الصورة الثالثة وهكذا الى أن ينتهى التطبيق
وتلصق الصور مع بعضها من الخلف بشريط نظيف محكم .

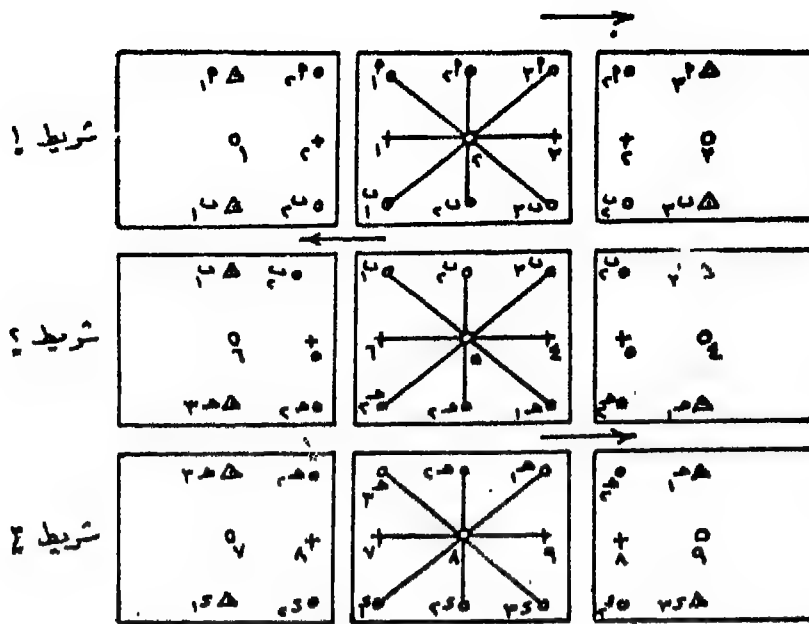
٧ - تقص الاجزاء الزائدة عن الحاجة وهى اما النصف الايمن من
الصورة اليسرى أو النصف الايسر من الصورة اليمنى بشرط أن يتم القص
عموديا على الظواهر الخطية الموجودة على الصورة مثل الطرق والسكك
الحديدية أو حدود المباني أو المجارى المائية حتى ولو كان القص يتم بصورة
متعرجة . يتم لصق الصورة المقصوفة مع بعضها البعض لتعطى فى النهاية
الموزيك غير المربوط أو خريطة مصورة ولكنها غير مضبوطة المقياس .

ثانيا - الموزيك المربوط : عبارة عن تجميع الصورة الجوية بعد
تصحيحها . والمقصود بالتصحيح هو تكبير أو تصغير السلبات - قبل طبع
الصور - حتى تصبح نقط جرى تعيينها بواسطة مساحة أرضية وموقعة
على لوحة أحداثيات تنطبق على نظيراتها الظاهرة فى الصورة . وللحصول
على هذا الموزيك تتبع الخطوات التالية :

١ - يحدد على كل صورة مركزها ومركز الصورة السابقة لها وكذلك
اللاحقة ، أى توجد على كل منها ثلاث نقط رئيسية ، وبطبيعة الحال ماعدا
الصورة الاولى أو الاخيرة فى كل شريط .

٢ - يختار ٦ نقط فى كل صورة غير الثلاث نقط الرئيسية بحيث تمثل
هذه النقط الست معالم واضحة فى هذه الصورة والصورة المجاورة لها .
فنلاحظ مثلا فى (شكل رقم ١٤٠) أن ١ ، ٢ ، ٣ ، ٤ ، ٥ ، ٦ فى الصورة الوسطى
فى الشريط رقم ١ مشتركة مع الصورة اليسرى ، ١ ، ٢ ، ٣ ، ٤ ، ٥ ، ٦
مشتركة مع الصورة اليمنى . وفى نفس الوقت نلاحظ أن النقط ١ ، ٢ ، ٣
فى الصورة اليسرى ، ١ ، ٢ ، ٣ فى الصورة الوسطى ، ٤ ، ٥ ، ٦ فى
الصورة اليمنى مشتركة مع نظيراتها فى الشريط رقم ٢ .

ويكرر العمل فى الشريط رقم ٢ من حيث تعيين النقط الرئيسية وست



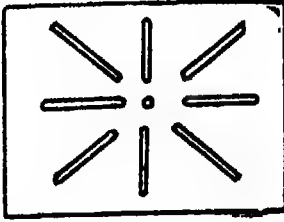
قواعد التوجيه في المربيع المربوط

شكل رقم (١٤٠)

نقط أخرى تشترك مع الصور المجاورة لنفس الشريط والشريط رقم ٣ وهكذا . ويلزم لدقة العمل وجود نقطتي مثلثات على الأقل في كل صورة (ضوابط أولية) أو بعض المعالم الطبوغرافية دقيقة الوضوح والتحديد مثل تقاطع طريقين أو التقاء مجريين مائيين وربما كانت شجرة (ضوابط ثابتة) .

٣ - توضع قطعة ورق كرتون فوق كل صورة وب نفس أبعادها وتنقل إليها التسع نقاط الخاصة بكل صورة ويثقب ثقباً صغيراً ولكن واضحاً فوق مركز الصورة (النقطة الرئيسية) ويحفر شقاً طويلاً بعرض مناسب من هذا الثقب الممثل للمركز إلى النقاط الثمان الأخرى . ويمكن الاستعانة بلوحة من السيلوليد تباع جاهزة لهذا الغرض كما في (شكل ١٤١) .

٤ - يوضع الورق الكرتون بجانب بعضه البعض وبحيث تتداخل



(تغطي) الاجزاء المشتركة مع بعضها البعض
تماما . ويستخدم فى تثبيت هذا الورق
بعضه ببعض دبابيس أو مسامير خاصة تدخل
فى الشقوق الطولية المتداخلة فوق بعضها
البعض .

اللوحة ذات المتحات

شكل رقم (١٤١)

٥ - يرسم على لوحة كبيرة شبكة

الاحداثيات بمقياس الرسم الخاص بمقياس

الصور الجوية ، ويوقع عليها أربع نقط على الاقل عند الاركان من نقط
الضوابط الاولى أى نقط المثلثات الارضية. معلومة الاحداثيات .

٦ - تتركب مجموعة الورق الكرتون المتماسكة مع بعضها البعض بواسطة
الدبابيس الخاصة على لوحة شبكة الاحداثيات بحيث تنطبق النقط الاولى
على نظيراتها . عند ذلك تكون جميع النقط الرئيسية للصور فى موقعها من
حيث الاحداثيات . توقع هذه النقط على لوحة الاحداثيات وبجوارها رقم
الصورة الخاصة بها .

٧ - ترفع مجموعة ورق الكرتون المتماسكة وناتى بالصور الجوية
ويقطع منها الاجزاء اللازمة لتغطية اللوحة مع الاستغناء عن الاجزاء المكررة
(المتداخلة) وذلك بعد توجيهها للتوجيه الصحيح بالنسبة للنقط الرئيسية
الآخرى . يجرى لصق هذه الصور فوق اللوحة وبذلك يتم الحصول على
الموزيك المربوط .

ثامنا - انشاء الخرائط الكنتورية من الصور الجوية الراسية :

يلزم عند رسم خريطة كنتورية من الصور الجوية القياس من أزواج
الصور بواسطة أحد الاجهزة الاستريوسكوبية حيث تظهر خلال هذا الجهاز
صور مجسمة للمنطقة المتداخلة فى الصورتين . وبواسطة معلومية احداثيات
نقط الربط الارضى السينية والصادية والمنسوب وأداة القياس على الصورة
المجسمة وبيعض قواعد الابصار المجسم يمكن رسم خريطة كنتورية للصورة
المجسمة للمنطقة المتداخلة ، وهكذا بالنسبة لبقية أزواج الصور .

الابصار المجسم

الابصار المجسم هو تلك الظاهرة التى يمكن الانسان بواسطتها رؤية الابعاد الثلاثة للاشياء أى يراه مجسما اذا ما نظر اليه بعينه الاثنتين . أما اذا نظر اليه بعين واحدة فلا يشعر بتجسيمه ومن ثم لا يمكنه تقدير أبعاد ومسافات الاشياء . ونظرا لاختلاف وضع العين ، فان الصورة المنطبعة على شبكة العين اليمنى تختلف عن الصورة المنطبعة فوق شبكة العين اليسرى ، وتنقل هاتان الصورتان بواسطة عصب الابصار الى المخ الذى يدمجهما الى صورة مجسمة معتدلة . وتعتمد الطرق الاساسية فى المساحة التصويرية على مقدرتنا على الابصار المجسم . وفيما يلى شرح مختصر للقواعد البسيطة التى تهتم فى هذا المصدد .

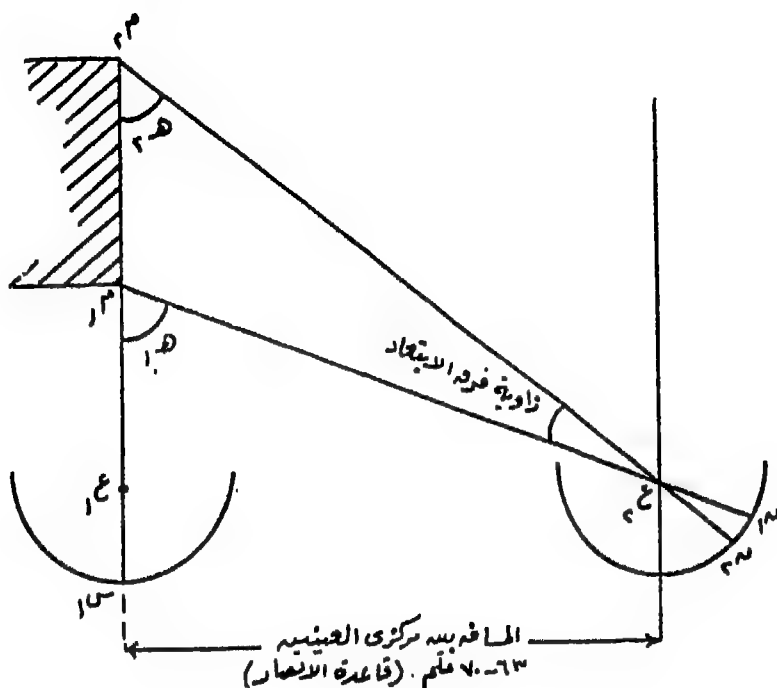
هناك عاملان هاما فى الابصار المجسم للحكم على الابعاد هما :
المواضع النسبية للاشياء وحجمها . ونظرية الابتعاد .

ففى (شكل رقم ١٤٢) ع ١ ، ع ٢ يمثلان موضعى عيني الراصد والدوائر التى أسفلها تمثلان شبكتى العينين . بفرض وجود مبنى ركنه القريب م ١ ، وركنه البعيد م ٢ ، فلرؤية الركن القريب تتأثر العين اليسرى عند س ١ واليمنى عند ن ١ ، ولرؤية الركن البعيد تتأثر العين اليسرى عند س ٢ واليمنى عند ن ٢ ، وتسمى الزاويتان ه ١ ، ه ٢ بزاويتى ابتعاد المرئى والفرق بينهما يسمى بفرق الابتعاد . ومقدار زاوية الابتعاد لها اثر كبير فى الدقة التى يمكن للانسان أن يحكم على بعد هدف معين . فمثلا ه ١ تحدد المسافة ع ١ م ١ ، ه ٢ تحدد المسافة ع ٢ م ٢ بينما فرق الابتعاد له أهمية كبيرة لأنه يعتبر كمقياس لتعيين المسافة م ١ م ٢ على خط النظر بين الهدفين أى أن الفرق بين ع ١ ، م ١ ، ع ٢ ، م ٢ . وتستعمل هذه النظرية فى أجهزة الابصار المجسم لتعيين المسافات النسبية بين النقاط واختلاف ارتفاعاتها من أزواج الصور .

وتحدد الشروط الطبيعية الآتية المسافة التى يمكن منها القدرة على الابصار المجسم وهى :

١ - اذا قلت الزاوية ه عن ٢٠ ثانية تقريبا (فى المتوسط) فان الانسان

لا يمكنه الاحساس باختلاف مواضع النقط اى الابصار الاستريوسكوبى .
وبعض اشخاص ليس لديهم قدرة الابصار الجسم مطلقا والبعض قد تصل
قدرته الى ٥ ثانية . ولا يمكن للانسان أن يرى الجسم اذا زادت ه عن ١٦ .
وذلك عندما يكون الجسم على بعد ٢٥ سم تقريبا من العين . ولا يمكن العين
رؤية الصورة مجسمة اذا قلت المسافة عن ٢٥ سم الا اذا استعين بنظارة .



شكل رقم (١٤٢)

٢ - المسافة بين مركزي العينين تتراوح بين ٦٣ - ٧٠ ملليمتر وتسمى
بقاعدة الابصار الجسم أو باختلاف بعد الاشياء نجد أنه بالعين المجردة ،
نشعر بالابصار الجسم أو باختلاف بعد الاشياء اذا زادت المسافة عن ٦٣٠ -
٧٠٠ قدم تقريبا . الا أنه يمكن تقدير المسافة التي تزيد عن ذلك عن طريق
الحجم النسبى للاشياء والضوء والظل . ويمكننا زيادة مدى الابصار الجسم
اما بزيادة المسافة (ب) قاعدة الابصار صناعيا بواسطة مجموعة من المرايا

والمنشورات تجعل القاعدة = ب_١ وبذا تزيد زاوية الابتعاد بنسبة $\frac{ب}{ب_1}$

نقريباً ، أو بتكبير مجال الابصار باستعمال مجموعة من العدسات كما فى حالة المناظير المكبرة العادية . وفى المساحة التصورية يمكن الحصول على الابصار الجسم ، بالتقاط صور من الطائفة من نقط مختلفة بحيث يكون فى كل صورة والتى تليها جزء مشترك بينهما ويكون خط القاعدة أطول من (ب) ثم تطبق أسن الابصار الجسم على المساحة المشتركة بين أزواج الصور .

الاندماج الاستريوسكوبى :

توضح التجريبتان الآتيتان ظاهرة الاندماج الاستريوسكوبى بحيث ترى الصورة المأخوذة بالعين اليمنى والصورة المأخوذة بالعين اليسرى صورة واحد مجسمة .

التجربة الاولى :

١ - يرسم على قطعة من الورق أربع نقط كبيرة كما فى (شكل ١٤٣) بحيث تكون المسافة الافقية بين النقطتين السفليتين ب ، ب_١ أقل قليلاً من المسافة بين النقطتين أ ، أ_١ .

٢ - يمسك بقطعة كرتون وتوضع فى مستوى رأسى (عمودية) على مستوى الورقة المرسوم عليها النقط بحيث ترى النقطتان اليمنيّتان (الزوج الايمن) بالعين اليمنى فقط ، والزوج الايسر بالعين اليسرى فقط . تركّز

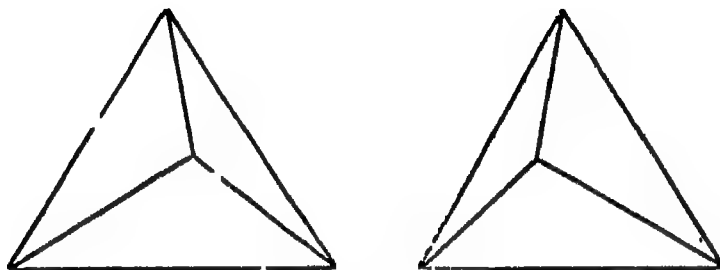


شكل رقم (١٤٣)

العينان على عدة أشياء على أبعاد مختلفة خلف النقط حتى ترى زوجى النقط مندمجان ويظهران كزوج واحد فقط أحدهما فوق الآخر وتكون النقطة القريبة للعين (العليا) هي النقطة المندمجة من ب ، ب ، ب .

التجربة الثانية :

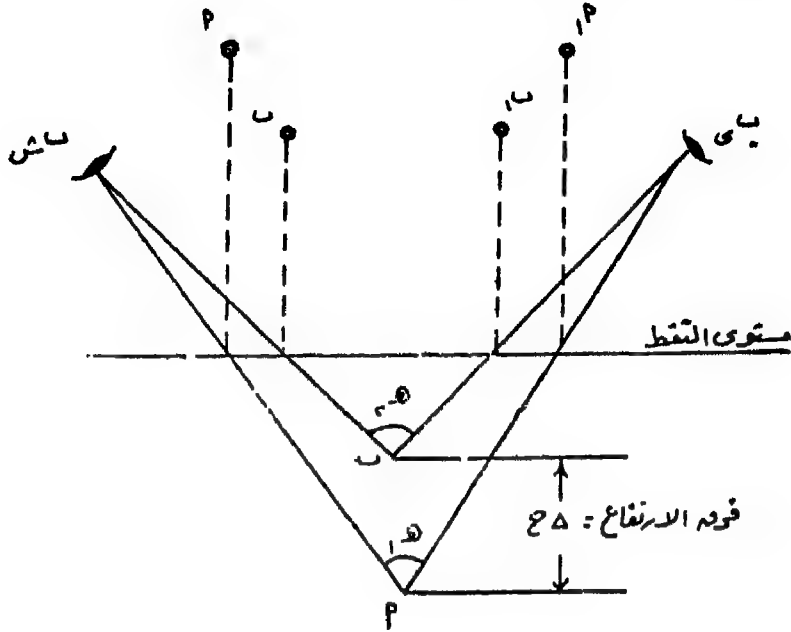
يرسم مثلثين كما فى (الشكل ١٤٤) متساوى الاضلاع يبعد مراكزهما عن بعض بمقدار ٥ سم تقريبا ، ثم ينقل مركز كل منهما قليلا ناحية المثلث الآخر ، ويوصل كل مركز برؤوس المثلث الخاص به . ينظر لهذا الزوج بالطريقة السابق ذكرها فى التجربة الأولى حتى يندمجا فيظهر هرم رأسه الى أعلى .



شكل رقم (١٤٤)

ويمكن توضيح ظاهرة الاحساس بالعمق أو بتغيير الأبعاد الفسيولوجية هندسيا . ففى (شكل ١٤٥) الذى يمثل قطاع رأسى بى ب ش يمثلان العين اليمنى والعين اليسرى على الترتيب ، أ ، أ ، ب ، ب زوجان من النقط . يظهر الزوج أ أ بعد الاندماج الاستريوسكوبى فى أ التى تقع أدنى من ب موضع اندماج الزوج ب ، ب . ورؤية العمق الاستريوسكوبى أو فرق الارتفاع (ΔL) يعطى بواسطة الفرق بين زاويتي الابتعاد عند أ ، ب . والفرق بين هاتين الزاويتين له علاقة مباشرة بالفرق بين المسافتين أ أ ، ب ب . وفرق الابتعاد (ΔL) هو الكمية التى تقاس من الصور الجوية لأن لها علاقة مباشرة عند ايجاد فرق الارتفاع . وتقاس الفروق بين المسافات مثل أ أ ، ب ب بدلا من زوايا الابتعاد هـ ، هـ وذلك للصعوبة التامة فى

امكان قياسها ، فضلا عن ان مثل هذه المسافات يمكن استخدامها كمقياس مباشر لارتفاعات الاشياء التي تمثلها .



شكل رقم (١٤٥)

ملحوظة : للاحساس بالابصار الجسم الطبيعي للصور يجب أن ترى كل عين الصورة الخاصة بها فقط . اما اذا نظرت العين اليسرى الى الصورة المفروض أن تشاهد بالعين اليمنى ، والعكس بالنسبة للعين اليمنى فاننا نشعر بما يسمى بالابصار الجسم المعكوس أى نرى الارتفاعات وكأنها انخفاضات والاشياء القريبة بعيدة والعكس صحيح، أى ينقلب مجال الرؤيا .

قراءة الصور الجوية

يعتبر الشكل واللون الذى يظهر به الغرض على الصور الجوية عاملان اساسيان فى تعيين الظواهر المختلفة فى الصور الجوية الرأسية تبدو جميع الظاهرات فى مسقطها الافقى وكأنها مرسومة بعلامات اصطلاحية . ويمكن فى الغالب تمييزها لتشابهها لاشاراتها الاصطلاحية هذه . وقبلما نجد صعوبة

فى تمييز السكك الحديدية والترع والطرق والانهار والمـ... الخ .
وكقاعدة عامة فان الظواهر الصناعية أسهل فى تمييزها بهذه الطريقة عن
الظواهر الطبيعية لأنها محددة بخطوط مستقيمة أو منحنيات منتظمة . ومن
السهل تمييز بعض الظواهر الطبيعية كالانهار والمجارى المائية الأخرى
بمجايرها المتعرجة . وكلما كان هناك شك وجب الرجوع الى فهرس العلامات
الاصلاحية . وتعطى الفقرات التالية فكرة عامة عن شكل الظواهر الطبيعية
والبشرية على الصور الرأسية .

١ - الطرق والمدقات والدروب :

تظهر الطرق بصورة مميزة عما حولها نظرا لاستقامتها واتساعها
ومنحنياتها المنتظمة وتظهر الطرق الاسفلتية بلون أسود . أما الطرق الممهدة
المذكوة فتظهر بلون رمادى زاهى ، أما المدقات والدروب فتظهر بنفس
اللون الرمادى ولكنها أقل انتظاما فى امتداداتها وتعرجاتها .

٢ - السكك الحديدية :

وتظهر كمستقيمات طويلة ومنحنيات منتظمة واتساعها واحد ، وتظهر
بلون رمادى متوسط بالنسبة لسطح الارض وظلال الزلط المفروش على
الارض . وفى الصور كبيرة المقياس قد تظهر ظلال القضبان الحديدية .
وعندما تمتد هذه الخطوط الحديدية وسط المزروعات فيميزها عادة لونها
الادكن نسبيا ووجود خطوط دقيقة فاتحة تحيطها من الجانبين وهى
الجسور .

٣ - اعمدة التلغراف :

وهى توجد فى الغالب بامتداد السكك الحديدية وأحيانا بجانب الطرق
ويندر التعرف عليها بدون هذين الدليلين على الصور الجوية بغير ظلها .
وقد تظهر هذه الاعمدة فى بعض الاحيان كبقع صغيرة فاتحة حول كل منها
أرض غير مزروعة ، ويكون الظل أو البقع بفواصل منتظمة كما يحتمل أن
تكون فى سلسلة خطوط مستقيمة .

٤ - المياه :

تظهر المياه الهادئة بلون رمادى قاتم أو أسود ، كما تظهر بيضاء اذا

انعكست أشعة الشمس تجاه آلة التصوير انعكاسا مباشرا . وإذا كانت المياه ضحلة وقاعها فاتح اللون أو به حشائش فهي تعكس ضوءا أكثر وتظهر فاتحة اللون . وتظهر تموجات المياه عدة أسطح عاكسة للضوء كبقع بيضاء على الصور الجوية ، وإذا اضطربت المياه بفعل الرياح تظهر هذه البقع على شكل خطوط بيضاء ، في حين تظهر المياه عند ارتطامها بالشاطئ على شكل بقع غير منتظمة .

٥ - الأشجار والاحراش والاعشاب :

وهذه الظاهرات تتمثل بظل بين رمادي متوسط مع اسود ، وعلى ذلك تظهر الغابة بظلال واللوان مختلفة لأن بعض الأشجار تعكس الضوء والأخرى تعوق تأثير الضوء والظل . وتظهر الأشجار والاعشاب المنعزلة كبقع سوداء مستديرة قاتمة وعند أطرافها تظهر بظلال أفتح منها قليلا . وتساعد هذه الظلال على تمييز مجموعات الأشجار عن المياه الساكنة . ويمكن تمييز الحداثق من شكل تنسيقها وانتظام المسافات بين الأشجار فيها .

٦ - الحشائش والمروج والمستنقعات :

تظهر الحشائش وهي منظورة من أعلى على شكل سطح منكسر عاكس قليلا من الضوء ويتوقف ذلك على مظهرها وطولها والظل التابع لها وأيضا على الرياح التي تغير زاوية الانعكاس وتظهر الحشائش القصيرة بلون فاتح وقد تظهر الأرض التي تحتها . وعلى العموم فلون الحشائش يتباين بين الرمادي الفاتح والمتوسط . أما المروج والمستنقعات فتظهر بلون قاتم إلى حد ما وبمظهر مختلط .

٧ - المزروعات :

تشبه في مظهرها شكل الحشائش ، ولكن عندما تكون في طور النمو قصيرة تظهر بظل فاتح وكلما كبر النبات اقم لونه مع وجود بقعة فاتحة به نتيجة لتأثير الرياح والمطر ومياه الري . أما المحاصيل في موسم الحصاد فتظهر بظل فاتح عادة . فمثلا تظهر نباتات الفول والذرة بظلال مختلفة حسب كبرها ولونها الطبيعي وغالبا ما يكون مظهرها مختلط بسبب اختلاف

الاوراق فى عكس ضوء الشمس والذرة كاملة النمو تظهر بلون فاتح واحداً
أبيض . وتظهر خطوط الحرث المنتظمة على شكل خطوط مسطرة ، ويختلف
الحرث الحديث فى اللون بين الأبيض والرمادى حسب لون وطبيعة التربة
ولكنه يختلف فى شكله تماماً عن الأرض المجاورة غير المحروثة . وتظهر
الأرض عميقة الحرث بظلال مختلطة حتى أن يصعب أحياناً يستحيل
تمييزها .

٨ - الأراضي الصخرية والرملية :

تظهر الأراضي المكشوفة الجرداء عموماً بلون فاتح كالطرق غير المرصوفة
والأراضي التي تتكون من صخور بصفة عامة تظهر ببيضاء ، وتظهر الرمال
إذا كان سطحها أملس فاتحة ، أما البقع القاتمة فهي منحدرات شديدة
وتختلف الصخور حسب نوعها ونظامها فتظهر إما على شكل كتل أو أشرطة
أو بها خطوط متوازية أو متقاطعة حسب طبيعة ونظام الفواصل بها وحسب
بنيتها وهي عادة تختلف من بيضاء إلى رمادية إلى رمادية داكنة . وقد يظهر
الصخر الواحد بألوان مختلفة حسب العلاقة بين زاوية تعرضه لأشعة الشمس
ووضعه بالنسبة لانعكاس هذه الأشعة تجاه آلة التصوير .

٩ - المباني :

تحدث المباني نتيجة لسطحها المنبسط أضواء شديدة وظلال ظاهرة
وواضحة تماماً، وتعرف المباني المنعزلة من المدقات والطرق الموصلة إليها .

البَابُ الثالثُ الخَرَائِطُ

مقدمة :

- الفصل الثاني عشر : مقياس الرسم وتطبيقاته .
- الفصل الثالث عشر : الاتجاهات على الخرائط وتوجيه الخريطة .
- الفصل الرابع عشر : نظم الاحداثيات على الخرائط .
- الفصل الخامس عشر : العلامات الاصطلاحية والالوان على الخرائط .
- الفصل السادس عشر : مساقط الخرائط .
- الفصل السابع عشر : الخرائط الكنتورية وقطاعاتها .
- الفصل الثامن عشر : الخرائط الجيولوجية .

مقدمة :

يعتبر علم الخرائط «الكارتوجرافيا» بعد انفصاله عن الجغرافيا من أحدث العلوم المعاصرة، فهو يختلف في موضوعه ومنهجه عن علم الجغرافيا. ويهدف هذا العلم باختصار الى جمع وتحليل وتوقيع المعلومات الخاصة بالنواحي المختلفة للكرة الارضية وتنفيذها بيانيا بمقياس رسم مناسب يسمح بايضاحها . وعلم الخرائط لا يضم بين دفتيه الدراسات والعمليات الخاصة بانشاء الخريطة المساحية التى ستوقع عليها البيانات ، اذ ان ذلك يقع على كاهل علم المساحة والمهتمين بهذا العلم . فمهندس المساحة هو الذى يرفع معالم سطح الارض من الطبيعة على لوحة من الورق ، وهو الذى يختار المسقط المناسب الذى من أجله رفع الطبيعة ليوقع أرصاده على ما يسمى فى النهاية بالخريطة المساحية . ثم يأتى دور الكرتوجرافى المتخصص بعد ذلك لىستخدم هذه الخريطة والتى تسمى عنده بالـ Base map أى خريطة الاساس أو الخريطة التوقيعية فى أغراض مختلفة .

والخريطة وسيلة عالمية للتعبير والتفاهم بين الشعوب المختلفة فهى تتخطى الحواجز اللغوية ، ووسيلتها فى ذلك الخط والرمز واللون . والمشتغل فى علم الخرائط ليس عارفا فقط ولكنه الى جانب ذلك فنان ، فيجب عليه أن يلم الماما تاما بميدان دراسته وهو الكرة الارضية وأن يدرك عند تمثيل أى جزء من سطحها كيف يعمل ليبرز الظاهرات التى من أجلها انشأت الخريطة تبعا لمقياس الرسم المستخدم . معنى ذلك أنه يجب أن تكون لديه القدرة على الاختيار الصحيح لتمثيل الظاهرات المطلوب بيانها، والطرق والوسائل التى تستخدم لتمثيلها كالخطوط والاشكال أو الالوان وهى نواح تحتاج الى قدرات فنية خاصة . ومن الطريف أن أحد الجغرافيين

المشتغلين بالخرائط قال : ان الكرتوجرافى هو ٥٠ ٪ جغرافى ٣٠ ٪ فنان ،
١٠ ٪ رياضى ، ١٠ ٪ كل شىء .

والخريطة فى أبسط ما تدل عليه هى عبارة عن صورة لجزء من سطح
الارض يشاهد من أعلى أى أسقط على مستوى أفقى مدون عليها بعض
الألفاظ للدلالة على ما تمثله من ظاهرات . وهى بذلك تتشابه مع الصور
الفوتوغرافية المأخوذة من الجو لسطح الارض فى بعض النواحي ، ولكنها
تختلف عنها فى عدة أمور أهمها :

١ - أن الخريطة تمثل ما هو معلوم عن الجزء الذى تمثله من سطح
الارض لكن الصورة تمثل ما يمكن رؤيته من هذا السطح .

٢ - ترسم الخريطة لايضاح ظاهرة ما واحدة فى مكان ما من سطح
الارض . وقد تمثل ظاهرتان ولكن الصورة تبين كل ما هو متواجد على
هذا السطح .

٣ - تبين الخريطة نواحي غير موجودة أصلا على سطح الارض مثل
الخطوط الوهمية كخطوط الطول ودوائر العرض والحدود السياسية وأسماء
المدن ، ومن الطبيعى أن مثل هذه الخطوط لا يمكن أن تظهر الا فى نطاق
ضيق جدا لا يعنى الوضع العام مثل الارض المحروثة التى تمثل أجزاء
محدودة من الحدود السياسية فى بعض المناطق .

٤ - لا تقتصر الخريطة على بيان ما هو موجود على سطح الارض
ولكنها قد توضح التركيب الجيولوجى للقشرة الأرضية أسفل سطح الارض
مثلا ، أو تبين توزيع الكواكب والنجوم كخرائط السماء . وبطبيعة الحال
لا تقدر الصورة على اظهارها .

وفى هذا كله تختلف الخريطة عن الصورة وان اتفقتا فى تمثيلهما
لسطح الأرض بمقياس معين .

ولا يقتصر استخدام الخريطة على الجغرافى وحده ، غير أن الجغرافى
هو أكثر المتخصصين استخداما لها فمن الصعب تفهم أى حقيقة جغرافية دون

الاستعانة بالخرائط . ويذكر بعض الكتاب أن الجغرافيا لا تعنى شيئا بدون الخرائط ، فهي عدة الجغرافى عليها يسجل المعالم الطبيعية المختلفة ، وعليها يوزع الظاهرات البشرية .

ويستخدم الخريطة كثير من ذوى الاختصاص ، فهي أداة للدراسات المختلفة من هندسية أو جيولوجية أو تعدينية ، ويستخدمها علماء الاقتصاد والسياسة والاجتماع ، والمتيورولوجى والبيدولوجى ، ولازمة جدا لرجال الحرب لتفهم طبيعة الارض واختيار الاماكن الصالحة للدفاع والهجوم .

انواع الخرائط :

تنقسم الخرائط الى انواع عديدة حسب الاسس المستخدمة فى التقسيم ، ويمكن بيانها كالآتى :

اولا - تنقسم الخرائط تبعا لمقياس الرسم الى :

١ - خرائط صغيرة المقياس : يمكن أن يطلق عليها اسم الخرائط الجغرافية وهى خرائط ذات مقياس رسم ١ : ٣٠٠.٠٠٠ فأصغر أى تأخذ فى النقصان كلما اتسعت رقعة المساحة التى تمثلها حتى تصل الى ١ : ١.٠٠٠.٠٠٠ وقد يصغر كما هو الحال فى خريطة العالم بالاطالس الى ١ : ١٠٠.٠٠٠.٠٠٠ (لاحظ العلاقة العكسية بين مقياس الرسم العددى وبين كبر أو صغر مقياس الخريطة ، فكلما كبر مقياس الرسم العددى حسابيا كلما صغر مقياس رسم الخريطة ، والعكس صحيح) . وتبدأ هذه الخرائط بتمثيل اقليم معين ثم تتدرج ويقل مقياسها حتى تمثل قارة أو نصف الكرة أو العالم . وفى مثل هذه الخرائط لصغر مقياسها واتساع رقعة ما تمثله ، تظهر مشكلة تمثيل السطح الكروى على الخريطة المستوية ، وهو ما يعرف باسم مساقط الخرائط . والهدف من هذه الخرائط هو ايضاح الشكل العام والامام بالفكرة العامة دون الاهتمام بالتفاصيل .

٢ - خرائط كبيرة المقياس : وهى تزيد فى مقياسها عن ١ : ٢٠.٠٠٠ وهى بهذا المقياس تظهر مناطق محدودة المساحة . ويسمح هذا المقياس

ببيان كافة التفاصيل بكل دقة ووضوح ولا تستخدم فيها علامات أو رموز اصطلاحية ، وان استخدمت فهي تمثل أو تطابق الواقع فعلا .

٣ - خرائط متوسطة المقياس : ويطلق عليها الخرائط الطبوغرافية ومقياسها يتدرج من ١ : ٢٥٠٠٠ إلى ١ : ١٠٠٠٠٠ وهى بهذا المقياس تجمع بين دراسة الفكرة العامة والتفصيل المحدود بعض الشيء ، وذلك باستعمال علامات ورموز لها مدلولها فى مفتاح الخريطة .

ثانيا - تنقسم الخرائط تبعا للنوع أى حسب ما تعرضه من ظاهرات الى :

١ - خرائط طبيعية : وتشمل :

(١) خرائط التضاريس : وتعنى بيان ظاهرات سطح الأرض المختلفة كالجبال والسهول والاحواض والانهار والبحيرات .

(ب) خرائط الطقس والمناخ : وهى خاصة بتسجيل عناصر الجو أثناء الليل أو النهار أو أثناء اليوم الواحد وأحيانا كل ستة ساعات حسب القراءات التى تؤخذ فى المراصد المختلفة . وأهم هذه العناصر هى : درجة الحرارة ليلا ونهارا ، والضغط الجوى وقوة واتجاه الرياح وكمية الامطار والسحب . وهذه الخرائط هى ما تعرف باسم خرائط الطقس ومنها تنشأ خرائط التنبؤ الجوى . أما الخرائط التى ترسم على أساس متوسطات عدة شهور أو سنوات لبيان كل عنصر من عناصر الجو على حدة فتعرف باسم الخرائط المناخية .

(ج) الخرائط النباتية : ويقصد بالنبات ، النبات الطبيعى ، وهى خرائط تعتنى ببيان توزيع الانواع المختلفة للنبات فى العالم أو فى قارة أو اقليم معين .

(د) الخرائط الجيولوجية : وهى تبين توزيع المجموعات الصخرية التابعة للعصور المختلفة وترتيبها ، وكذلك التراكيب الجيولوجية المختلفة . وقد تكون هذه الخرائط عامة تعنى ببيان المجموعات الصخرية الكبرى فقط ، وقد تكون مفصلة وذلك حسب مقياس الرسم المستعمل . وترسم عادة على

الخرائط الجيولوجية خطوط الارتفاعات المتساوية (الكنتور) لظهار مدى ارتباط طبوغرافية السطح بالتكوينات الجيولوجية المكونة له .

٢ - خرائط بشرية : وهى تمثل ظاهرات من صنع الانسان وتنقسم الى :

(١) خرائط ظاهرات بشرية من صنع الانسان وثابتة على سطح الارض بصفة دائمة مثل خرائط المواصلات وتوزيع المدن والنباتات المزروعة .

(ب) خرائط ظاهرات بشرية من صنع الانسان وثابتة أو شبه ثابتة . ولكنها رمزية لأنها غير موجودة على الطبيعة كخرائط التقسيمات السياسية وخطوط الطول ودوائر العرض ومسميات الأنهار والمدن والسهول والجبال والأودية .

(ج) خرائط ظاهرات بشرية دائمة التغير : هذه الخرائط يتغير شكلها وصفاتها حسب طريقة عرضها كخرائط التوزيعات المختلفة سواء كانت توزيعات اقتصادية أو اجتماعية كخرائط توزيع السكان : حسب الحرف أو اللغات أو الديانات على سبيل المثال أو خرائط خاصة بالسكان مثل خرائط الكثافة .

ثالثا - تنقسم الخرائط حسب الشكل والصورة الى :

١ - الخرائط المجسمة : وهى صورة مرسومة على أساس الرسم المنظور لتبين الأبعاد الثلاثة . وتختلف هذه الخرائط باختلاف مكان الرسام أو الراصد وموقعه من المنطقة ، ولا يمكن اخضاعها لمقياس الرسم المعروف وتعتبر هذه الأنواع من الخرائط مساعدة لتفهم مظاهر السطح وارتباطها بالعوامل الجيومورفولوجية المختلفة .

٢ - النماذج البارزة : وتبين هذه الخرائط الأبعاد الثلاثة لسطح الأرض ، وهى خاضعة لمقياس رسم معين سواء فى امتدادها الأفقى أو الرأسى ، ولكن يصعب توحيد المقياسين ، ذلك لأن الامتداد الأفقى لسطح الأرض كما هو معروف أكبر من الامتداد الرأسى لمظاهر سطح الأرض . لذا نلجأ عادة الى المبالغة فى مقياس الرسم الرأسى لتمييز هذه الظاهرات .

٣ - الصور الجوية : وهى تكاد تشبه الخرائط المعروفة ، الا أنها تتميز بانها تعرض كل ما هو على سطح الارض من ظواهر ثابتة أو متحركة دائمة أو متغيرة فهى تبين الطرق والقنوات والأنهار ، وهى فى أغلبها من المظاهر الثابتة . وتبين الى جانب هذا ما يجرى على هذه القنوات والطرق والأنهار من وسائل النقل ، فهى تظهر السيارات والقاطرات والبواخر والمشاه . كما أنها تبين المباني فى داخل القرى والمدن ، والأشجار والغابات ونوع المزروعات أى الحاصلات من قمح أو ذرة أو قطن . . . الخ والمراعى وما فيها من حيوانات بمعنى أن الصورة تطابق الأصل تمام المطابقة .

الفصل الثاني عشر

مقياس الرسم وتطبيقاته

هو النسبة الثابتة بين الأبعاد الخطية المرسومة على الخريطة والأبعاد الحقيقية المقابلة لها على سطح الأرض . ويعبر عن هذه النسبة بأحدى ثلاث طرق :

١ - أما بالتعبير اللفظي أو الكتابي كأن نقول لكل ١ سم على الخريطة يقابل ١٠٠ متر على الطبيعة . ويسمى هذا المقياس أحيانا بالمقياس المباشر أو مقياس المهندس ، ولا يستعمل إلا في الخرائط الابتدائية .

٢ - أو بالتعبير الحسابي (العددي) ويمثل في هذه الحالة أما بكسر اعتيادي بسطه الواحد الصحيح أو بنسبة حدها الأيمن واحد صحيح ، فيقال : $\frac{1}{5000}$ أو ١ : ٥٠٠٠ مثلا .

٣ - أو بالتعبير التخطيطي وذلك عن طريق رسم مقياس يستدل منه على الأبعاد الحقيقية مباشرة . وهو على نوعين :

(أ) المقياس الطولي (الخطي) .

(ب) المقياس الشبكي (القطري)

(أ) المقياس الطولي : عبارة عن خط مستقيم بطول مناسب ومقسم إلى أجزاء متساوية إلى يمين صفر الابتداء ، ومكتوب على كل قسم منها طول المسافة التي يعينها هذا القسم على الطبيعة . ويوجد على يسار الصفر قسم واحد فقط من أقسام هذا المقياس مجزأ إلى أقسام صغيرة أصغر من وحدة المقياس . وتسمى الأقسام التي على يمين الصفر بالأقسام الرئيسية ، أما

التي على يساره فتسمى بالاقسام الفرعية ، وقيمة القسم الفرعى يعرف بدقة المقياس أى أقل قراءة يمكن أن يبينها المقياس . وعدد هذه الاقسام الفرعية = $\frac{\text{قيمة القسم الرئيسى}}{\text{دقة المقياس}}$ والغرض من هذه الاقسام الفرعية هو جعل المقياس يقدر أبعادا صغيرة أقل من قيمته الاصلية (الرئيسية) .

مثال : ارسم مقياسا طوليا ١ : ٤٠٠ يقرأ ١ م .

الحل : كل ١ سم على الخريطة يقابله ٤٠٠ سم على الطبيعة .

كل ١ سم على الخريطة يقابله ٤ سم على الطبيعة .

وبذلك يرسم خط أفقى بطول مناسب ، ويقسم الى مسافات متساوية كل منها بطول ١ سم تمثل ٤م على الطبيعة ، وهذه هى الوحدات الرئيسية وتدرج ٤ ، ٨ ، ١٢ ، ٠٠٠ الخ . ثم تؤخذ على يسار الصفر وحدة رئيسية واحدة ونقسمها حسب الخطوة التالية :

$$\text{عدد الاقسام الفرعية} = \frac{\text{قيمة القسم الرئيسى}}{\text{دقة المقياس}} = \frac{٤}{١} = ٤ \text{ أقسام}$$

أى أننا نقسم السنتيمتر الايسر الى أربعة أقسام قيمة كل سم = ١ م (شكل ١٤٦) .



شكل رقم (١٤٦)

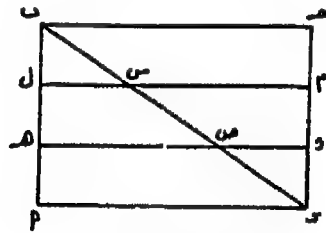
وقد يكون المقياس الطولى على شكل بسيط أى يقيس الى نوع واحد من المقاييس أمتار أو كيلو مترات أو أميال وأقسامها . وقد يكون مركبا فيسمى بالمقياس الخطى المقارن أى يقيس الى كيلو مترات مثلا من ناحية وأميال من الناحية الأخرى . وقد تكون إحدى جهتى 'المقياس تدل على مسافات والأخرى تدل على الزمن' .

(ب) المقياس الشبكى : وهو نوع من المقاييس التخطيطية ، يستخدم فى حالة ما اذا كان المطلوب بيان دقة كبيرة جدا أى أن الاقسام المطلوب

تقسيم المقياس اليها صغيرة جدا ويتعذر تعيينها بالطريقة التخطيطية البسيطة . ولذلك يلجأ الى المقاييس الشبكية لبيان هذه الاجزاء الصغيرة .

ففى خريطة بمقياس رسم ١ : ٥٠٠٠ اذا اريد انشاء مقياس طولى يبين مترا واحدا فان قيمته على الرسم = $\frac{1}{5000}$ من السنتيمتر ، وهو طول يتعذر تقسيم السنتيمتر اليه ، ولذلك يلجأ الى استعمال ما يسمى بالمقياس الشبكي واحيانا يسمى بالمقياس العشرى او القطرى ، وهو مبنى على نظرية تشابه المثلثات .

عند تقسيم خط مثل ب ج الى ثلاثة اقسام متساوية (شكل ١٤٧) .
خذ العمودين ب ا ، ج د . قسم ب ا الى ثلاثة اقسام متساوية فى ل ، ه .
ارسم ل م ، ه و موازيين للخط ب ج . صل ب د فيتقاطع مع ل م فى س
ومع ه و فى ص . المثلثان ب ل س ، ب ا د متشابهان فتكون النسبة بين
ب ل ، ب ا تساوى النسبة بين ل س ، ا د . $\frac{ب ل}{ب ا} = \frac{ل س}{ا د}$.
ب ل س = $\frac{ب ل}{ب ا} = \frac{ل س}{ا د}$ ، ه ص = $\frac{ه ص}{ب ج} = \frac{ل س}{ا د}$.
بذلك قسم الخط ب ج الى ثلاثة اقسام متساوية بطريقة غير مباشرة .



شكل رقم (١٤٧)

ولانشاء مقياسا شبكيا يقيس الى $\frac{1}{5000}$ وحدة رئيسية ما فنجرى الآتى :

- ١ - يرسم الخط ا د ويقسم الى ثلاثة اقسام متساوية فى ب ، ج فيمثل كل قسم وحدة رئيسية معينة من مقياس طولى (شكل ١٤٨) .
- ٢ - تؤخذ الوحدة ا ص على يمين الوحدة ا ب . ويقسم الى ثلاثة اقسام متساوية فى ه ، س .

٣ - تقام الاعمدة د د⁻ ، ١١ ، ص ص بطول مناسب (حوالى ٣ سم مثلاً) .

٤ - ترسم الخطوط و و ، م م ، د د ص - موازية للخط ا د على ابعاد متساوية من بعضها . فينقسم ا⁻ الى ثلاثة اقسام متساوية .

٥ - يقسم ا⁻ ص⁻ الى ثلاثة اقسام متساوية أيضاً، وتوصل الاقطار ا ه⁻ ، ه س ، س ص .

$$\therefore \text{ا ه} = \text{ا⁻ ه} = \frac{1}{3} \text{ا ب}$$

$$\text{الجزء ١ - ١} = \frac{1}{3} \text{ا ه} = \frac{1}{3} \times \frac{1}{3} \text{ا⁻ ص} = \frac{1}{9} \text{ا⁻ ص} = \frac{1}{9} \text{ا ب}$$

(أى $\frac{1}{9}$ الوحدة الرئيسية المطلوبة) . وبالمثل الجزء ٢ - ٢ = $\frac{2}{9}$ ا ب .



شكل رقم (١٤٨)

ويتضح مما سبق فائدة هذا التقسيم فى الحصول على كسر صغير يمكن قياسه بسهولة من أى وحدة قياس ، وهذا الكسر الصغير هو اقل قراءة أو دقة المقياس . ونظراً لسهولة التقسيم العشرى فان المقاييس الشبكية تنشأ لتعطى كسوراً عشرية من قيمة وحدات المقياس الرئيسية . فاذا قسم العمود ا⁻ الى عشرة اقسام متساوية فان الجزء ١ - ١ = $\frac{1}{10}$ ا ه فى نفس الوقت $\frac{1}{10}$ ا ب . وعليه فيمكن اعطاء بعض التعاريف عن المقياس الشبكي :

ح = قيمة القسم الرئيسى (أ ب مثلا) .

ع = عدد الاقسام الرأسية فى المقياس (وهى عادة ١٠ أقسام) .

ر = أقل قراءة (دقة المقياس) .

د = قيمة القسم الفرعى فى المقياس (أ هـ وهى تساوى ر × ع أى الدقة × ١٠ دائما) .

وبذلك فعند انشاء المقياس ١ : ٥٠٠٠ ليقس الى متر واحد أى دقته مترا واحدا نقول :

كل ١ سم على الخريطة يقابلها ٥٠٠٠ سم على الطبيعة .

كل ١ سم على الخريطة يقابلها ٥٠ م على الطبيعة .

$$\text{عدد الاقسام الفرعية} = \frac{\text{قيمة القسم الرئيسى}}{\text{دقة المقياس}} = \frac{٥٠٠٠}{٥٠} = ١٠ \text{ قسما}$$

وبذلك نرى أنه لا يمكن استخدام المقياس الخطى ولذلك نلجأ الى المقياس الشبكى .

قيمة القسم الفرعى (د) = الدقة (د) × (ع) = ١ × ١٠ = ١٠ م

$$\text{عدد الاقسام الفرعية} = \frac{\text{قيمة القسم الرئيسى (أ)}}{\text{قيمة القسم الفرعى (ب)}}$$

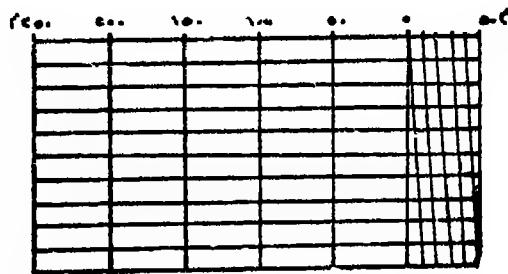
$$= \frac{٥٠٠}{١٠} = ٥٠ \text{ أقسام}$$

يرسم خطا بطول مناسب ويقسم الى سنتيمترات ويدرج بصفر ، ٥٠ ،

١٠٠ ، ١٥٠ ، ٢٠٠ الخ . يقسم القسم الرئيسى على يمين الصفر الى خمسة

أقسام قيمة كل قسم = ١٠ م . تؤخذ عشرة مسافات رأسية متساوية ويكرر

العمل المشروح فى المثال السابق (شكل ١٤٩) .



شكل رقم (١٤٩)

تطبيقات مقياس الرسم

أولاً - إيجاد مقياس رسم لخريطة مجهولة المقياس :

يمكن استنتاج مقياس رسم أى خريطة مجهولة المقياس إذا عرفنا طول مسافة ما على الطبيعة بين نقطتين موقعتين على الخريطة . فإذا كانت المسافة بين نقطتين معلومتين على الخريطة بدون مقياس = ٥ سم وعلى الطبيعة = ٤ كم ، إذن مقياس الرسم =

كل ٥ سم على الخريطة تقابل ٤ كيلو متر على الطبيعة .

كل ٥ سم على الخريطة تقابل ٤٠٠٠٠ سم على الطبيعة .

كل ١ سم على الخريطة تقابل ٨٠٠٠٠ سم على الطبيعة .

∴ مقياس الرسم = ١ : ٨٠٠٠٠

ويمكن استخدام القانون التالى : مقياس الرسم

$$\frac{\text{الطول على الخريطة}}{\text{الطول على الطبيعة}} =$$

ويشترط أن تكون الأطوال بنفس الوحدة .

$$\frac{1}{80000} = \frac{5}{10000 \times 4} = \text{فمقياس الرسم فى المثال السابق}$$

وينبغي أن يلاحظ أن قياس المسافات على الخرائط تعتبر غير صحيحة تماما ، ذلك لاستحالة تمثيل السطح الكروى على لوحات مسطحة من الورق تمثيلا صحيحا مطابقا لما هو كائن فى الطبيعة مهما كان نوع المسقط المستعمل فى الرسم . فالمعروف أن أى مسافة بين نقطتين على سطح الارض انما تمثل جزءا من دائرة عظمى ، ولما كانت الخرائط التى تبين الكرة الارضية أو أجزاء منها عبارة عن لوحات مسطحة ، فإن قياس مسافة على مثل هذه الخرائط لا يبلغ الحقيقة مهما كان القياس دقيقا . ويوجد اليوم جداول وقوانين رياضية معينة تساعد على القياس الصحيح وذلك بمعرفة الاطوال الحقيقية لاقواس خطوط الطول ودوائر العرض . وتقدم المساقط الخاصة بتحقيق شرط المسافات المتساوية أقل خطأ ممكن عند القياس من الخريطة مباشرة بشرط أن يتم القياس فى حدود عشر درجات طولية وعرضية من مركز الخريطة . أما ما هو أبعد من ذلك فلا بد من الاستعانة بالجدول والقوانين الرياضية الخاصة بذلك .

أما الخرائط التفصيلية كبيرة المقياس وكذلك الخرائط الطبوغرافية متوسطة المقياس خاصة ما كان منها بمقياس يتراوح بين ١ : ٥٠.٠٠٠ ، ١ : ٨٠.٠٠٠ ، فتعتبر من أصلح أنواع الخرائط للقياس المباشر عليها لأنها تمثل وحدات مساحية صغيرة مطابقة لسطح الارض الى حد كبير .

وهناك ملاحظة أخرى هى أن المقصود بالمسافات على الطبيعة هى الأبعاد الأفقية بين النقط وليست الأبعاد الفعلية بينها . والأبعاد الانقية فى كل الحالات أقصر من الأبعاد الفعلية المباشرة . ولذلك يجب أن تقاس الأبعاد على الطبيعة فى المستوى الأفقى - كما درست فى علم المساحة - لكى تقارن بالأبعاد الأفقية على الخريطة .

ثانيا - قياس المسافات على الخرائط :

تقاس المسافات على الخرائط بعدة طرق :

١ - بواسطة المسطرة : فى حالة قياس المسافات المستقيمة ، وبالاستعانة بمقياس الرسم يمكن معرفة المسافة الأفقية المقابلة على الطبيعة .

٢ - بواسطة المقسم : المقسم عبارة عن فرجار بسنين . يفتح المقسم فتحة ضيقة قدرها ٢ أو ٣ ملليمتر ، وقد تكون أكبر أو أصغر من ذلك حسب تعرجات الخط المراد قياسه . ينقل المقسم فوق الخط من بدايته حتى نهايته ولا يرفع عنه الا عند الانتهاء . يكون طول الخط بالسهم مساويا لحاصل ضرب مقدار فتحة المقسم \times عدد مرات النقل . وبواسطة مقياس الرسم يمكن معرفة طوله على الطبيعة .

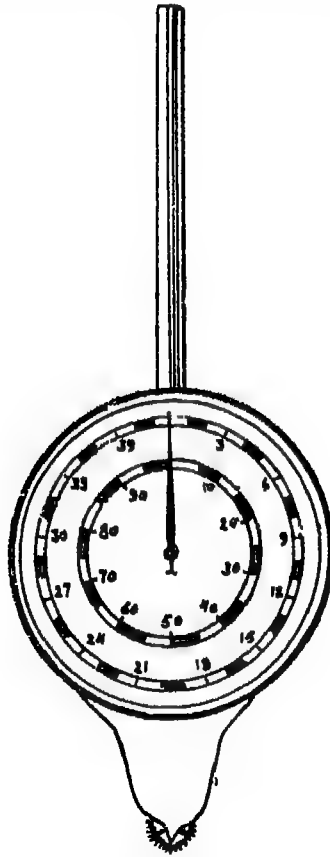
٣ - بواسطة الخيط : يمكن استخدام الخيط بمساعدة الدبابيس الرفيعة الطويلة (دبوس ابرة) وذلك بمد الخيط على الخط المراد قياسه متتبعا لتعرجاته وتساعدنا الدبابيس فى شد الخيط جيدا بين نقط الانثناءات . نشد الخيط بعد الانتهاء فوق مسطرة عادية لنعرف طوله . ومن ثم يمكن معرفة المسافة المقابلة له على الطبيعة بواسطة مقياس الرسم .

٤ - بواسطة عجلة القياس : عبارة عن أداة بسيطة (شكل ١٥٠) تتركب من قرص أبيض مستدير طول محيطه ١٠ سم ، وتنقسم حافته الى ١٠٠ قسم طول كل قسم منها ١ ملم . ويتحرك على هذا المقياس مؤشر معدنى مثبت فى مركز القرص . ويتحرك هذا المؤشر بواسطة ترس مسنن صغير فى أسفل العجلة ، وفوق هذا الترس مؤشر صغير له طرف مدبب يستعمل فى تحديد بدء القياس ونهايته ، فاذا تحركت العجلة مسافة قدرها ١ سم على خريطة مقياس رسمها ١ : ١٠٠.٠٠٠ فان المؤشر يتحرك بمقدار قسم واحد فقط (١ ملم) على حافة القرص . وهذا يعنى أن تدريج الحافة مصمم للقياس على خرائط مقياس رسمها ١ : ١٠٠.٠٠٠ . ولذا فمكتوب أسفل تدريج الحافة ١ : ١٠٠.٠٠٠ ، أى أن قيمة القسم الواحد على حافة العجلة = ١ كيلو متر على الطبيعة . ويوجد تدريج آخر داخل ينقسم الى ٨ قسم ، ويتحرك عليه نفس المؤشر السابق ، وقيمة كل قسم على الطبيعة = ٨٠٠ مترا ، أى أن المؤشر يتحرك قسم واحد فقط بطول ١ سم على الخريطة المرسومة بمقياس ١ : ٨٠.٠٠٠ .

وهناك نوع آخر من عجالات القياس ، الدائرة الخارجية فيه مقسمة الى ٣٩ قسم كل منهم يساوى ميلا، وذلك على اعتبار أن مقياس الرسم المستعمل

فى الخريطة التى نجرى عليها القياس هو بوصة للميل . أما الدائرة الداخلية فحافتها مقسمة الى ١٠٠ قسم كل قسم منها يساوى كيلو مترا واحدا على اعتبار أن مقياس الرسم المستعمل على الخريطة التى نقيس عليها ١ سم لكل ١ كم أى ١ : ١٠٠.٠٠٠ .

طريقة استعمال العجلة : قبل البدء فى استعمال العجلة يجب التأكد من أن المؤشر يشير الى صفر التدريج على الدائرتين . تمسك بالعجلة من يدها وتوضع رأسيا فوق الخريطة بحيث يلامس السن المدبب الموجود فوق



عجلة القياس

شكل رقم (١٥٠)

الترس بداية الخط المراد قياسه . نبدأ فى تحريك العجلة ببطء على طول الخط متتبعين كل ما فيه من انحناءات وتعرجات بدقة وفى اتجاه ضد عقربى الساعة . ترفع العجلة عند نهاية الخط ويقرأ الرقم الذى يشير اليه المؤشر على الدائرة الخارجية أو الداخلية حسب مقياس رسم الخريطة فيكون هو الطول المطلوب على الطبيعة مباشرة .

بالنسبة للطرق ١ ، ٢ ، ٣ يستنتج المسافة على الطبيعة بالقانون التالى :

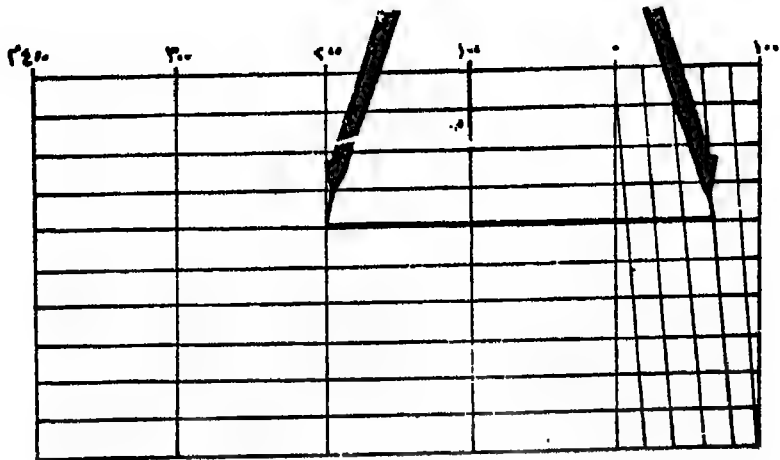
$$\frac{\text{الطول على الخريطة}}{\text{مقياس الرسم}} = \text{المسافة على الطبيعة}$$

$$\text{فمثلا مسافة طولها على خريطة مقياس رسمها ١ : ٢٥٠٠٠ سم} \\ \frac{٦٨}{١} = \text{المسافة على الطبيعة} = \text{طولها على الطبيعة} \\ \underline{\hspace{1cm}} \\ ٢٥٠٠٠$$

$$= \frac{٢٥٠٠٠ \times ٦٨}{١٠} = ١٧٠٠٠٠ \text{ سم} = ١٧٠٠ \text{ م}$$

النتائج التى نحصل عليها من استخدام القانون السابق أو عجلة القياس تكون فى أغلب الاحيان غير مطابقة للواقع . لأن الخريطة تتعرض للظروف الجوية المختلفة مما يؤدى الى تمددها أو انكماشها . لذا فان مقياس الرسم الكتابى أو الحسابى المسجل عليها يعتبر غير دقيق . لذا يحسن استخدام المقياس الطولى أو الشبكى فى استنتاج وحساب الأطوال على الطبيعة .

ولتعيين أى طول على الخريطة باستعمال المقياس المرسوم فى أسفلها، نأتى بالفرجار ذى السنين ونفتحه فتحة تساوى هذا الطول بالضبط ونضع سن الفرجار الأيسر على أحد الأقسام الرئيسية المناسبة بطول الخط، والسن الايمن على أى من الخطوط المائلة فى المقياس الشبكى بحيث يكون السنين منطبقين على أحد الخطوط الأفقية فى المقياس ، فنقرأ طول البعد المطلوب قياسه من واقع التدريجات المحصورة بين سنى الفرجار (شكل ١٥١) .



مقياس ١ : ٥٠٠٠ دقته ٢٢ . الملوك المبين = ٢٢٦٨

شكل رقم (١٥١)

ثالثا - توقيع المسافات الافقية على الخريطة :

يستعمل القانون التالى :

المسافة على الخريطة = المسافة على الطبيعة × مقياس الرسم .

فاذا كان لدينا مسافة على الطبيعة طولها ٢٦٨ مترا ، ونريد توقيعها على خريطة مقياس رسمها ١ : ٥٠٠٠ . اذن المسافة على الخريطة

$$٥٣٦ \text{ سم} = \frac{١ \times ٢٦٨٠٠}{٥٠٠٠} = \frac{١}{٥٠٠٠} \times ٢٦٨ =$$

ومن الواضح يصعب توقيع ٥٣٦ ملم على الخريطة ، هذا من ناحية، ومن ناحية أخرى فان تعرض الخريطة للتمدد والانكماش يؤدي الى عدم تساوى النسبة بين ٥٣٦ سم ، ٢٦٨ م مع نسبة مقياس الرسم الحقيقية للخريطة فى وضعها الحالى (اثناء التوقيع) . لذا يجب استخدام مقياس الرسم الشبكى المرسوم على الخريطة . فاذا كان هذا المقياس بدقة ٢ م ، وقيمة الوحدة الرئيسية = ١٠٠ م ، وقيمة القسم الفرعى = ٢٠ م فان توقيع الخط يجرى بالطريقة الآتية :

$$\text{عدد الاقسام الرئيسية} = \frac{286}{110} = 2 \text{ والباقي } 68$$

$$\text{عدد الاقسام الفرعية} = \frac{28}{20} = 3 \text{ والباقي } 8$$

$$\text{عدد الاقسام الشبكية} = \frac{8}{2} = 4 \text{ والباقي صفر}$$

∴ المسافة على الخريطة المقابلة للطول 286 مترا على الطبيعة = 2 قسم رئيسي ، 3 قسم فرعي ، 4 قسم شبكي . فنفتح المقسم فتحة طولها هذه الاقسام ونوقع على الخريطة .

رابعا - طرق ايجاد المساحات :

تحتاج الاعمال المساحية والدراسات الجغرافية الى حساب مساحات الاشكال ، ويتبع فى حسابها احدى الطرق الآتية :

١ - الحساب المباشر : وذلك من المقاسات المأخوذة من الطبيعة ، وهى أدق الطرق وان كانت أقل استعمالا ، وتعتمد على مبدأ رفع الارض . وذلك بتقسيم المنطقة الى مثلثات بخطوط جنزير ثم تقاس أطوالها ، وتعمل تحشية للحدود المتعرجة ، وعلى هذا الاساس تحسب مساحة قطعة الارض بتقسيمها الى قسمين :

أ - القسم المحاط بالمضلع أ ب ج د هـ (شكل ٨٣) وهو مكون من المثلثات أ ب هـ ، ب ح د ، د هـ ب . وقد قيست أضلاع هذا المضلع أثناء عملية الرفع .

وتحسب مساحة المثلث باحدى هاتين الطريقتين :

$$\text{الاولى : مساحة المثلث} = \sqrt{ح (ح - أ) (ح - ب) (ح - د)}$$

حيث أ ، ب ، د = أطوال الاضلاع

$$\text{ح ،} \quad = \text{نصف محيط المثلث} = \frac{ا + ب + ج}{2}$$

الثانية : مساحة المثلث = $\frac{1}{2}$ القاعدة \times الارتفاع

ويمكن ايجاد ارتفاع المثلث من الطبيعة بالطرق المعروفة فى اسقاط واقامة الاعمدة .

ب - القسم المكون من الاجزاء المحصورة بين خطوط المضلع والحدود المتعرجة الخارجية لقطعة الارض . وهذه تحسب باعتبار أنها مثلثات واشباه منحرفات ، أطوال قواعدها هى خطوط التحشية وارتفاعاتها هى الابعاد المأخوذة على خطوط الجنزير وكلها مسجلة فى دفتر الغيط . تضاف المساحات الناتجة من ا ، ب فنحصل على المساحة الكلية لقطعة الارض .

٢ - الحساب غير المباشر : وذلك عن طريق المقاسات المستنتجة من الخريطة حسب مقياس رسمها . وفى هذه الحالة يرجع الى خريطة المنطقة ان وجدت والا فترفع من الطبيعة وتوقع على اللوحة ، أى تعمل لها خريطة . وهذه الطريقة أسهل من الطريقة الاولى وأكثر شيوعا الا أنها معرضة للخطأ الذى ينتج عند رسم الخريطة أو عند استنتاج الأطوال منها ، خاصة وأن الخريطة معرضة للتمدد والانكماش حسب الظروف الجوية مما يؤدي الى عدم مطابقتها لمقياس الرسم تماما ، الا اذا كان مرسوم على الخريطة مقياس رسم شبكى ويستخدم فى استنتاج الأطوال . ومن الامور التى يجب مراعاتها عند قياس المساحات أن تكون الخرائط المستعملة لهذا الغرض من النوع المرسوم على أساس مسقط من مناطق المساحات المتساوية . وفيما يلى طرق حساب المساحات من الخرائط مباشرة :

١ (لاشكال المنتظمة : تستنتج أبعادها من الخريطة وتحسب مساحاتها بالقوانين الهندسية المعروفة :

مساحة المربع = الضلع \times نفسه

مساحة المستطيل = الطول \times العرض

مساحة متوازي الاضلاع = القاعدة \times الارتفاع او القطر \times العمود
النازل عليه من أحد الرؤوس .

مساحة المعين = نصف حاصل ضرب القطرين .

مساحة الدائرة = ط نق^٢ ط = $\frac{٢٢}{٧}$ او ٣١٤ . نق^٢ = مربع نصف
القطر .

مساحة شبه المنحرف = نصف مجموع القاعدتين المتوازيتين \times الارتفاع
العمودى عليهما .

مساحة الخمس المنتظم = ١٧٢ \times طول الضلع^٢

مساحة المسدس = ٢٦ \times طول الضلع^٢

مساحة المثلث = ٤٨٣ \times طول الضلع^٢

مساحة المثلث متساوي الاضلاع = ٠٤٣٣ \times طول الضلع^٢

وحدات الاطوال : المتر = ١٠٠ سم = ١٠٠٠ ملم = ٣٢٨٠٨ قدم
= ٣٩٣٧ بوصة = ١٠٩٤ ياردة

الكيلومتر = ١٠٠٠ م = ١٠٠٠٠٠ سم

القصة = ٣٥٥ م

الميل = ١٦٠٩٣٥ م = ١٧٦٠ ياردة = ٥٢٨٠ قدم = ٦٣٣٦٠ بوصة

الياردة = ٩١٤٤ سم = ٣ قدم = ٣٦ بوصة .

القدم = ٣٠٤٨ سم = ١٢ بوصة

البوصة = ٢٥٤ سم .

وحدات المساحات : الفدان = ٢٤ قيراط = ٢٤٢٠٠٨٣ $\frac{١٠٠٠}{٣}$ =
قصبة مربعة .

القيراط = ٢٤ سهما = ٢١٧٥٠٣٤٧ م

$$\text{السهم} = ٢٣٧٢٩٣ \text{ م}^2$$

$$\text{القصة المربعة} = ٢١٢٦٠٢٥ \text{ م}^2$$

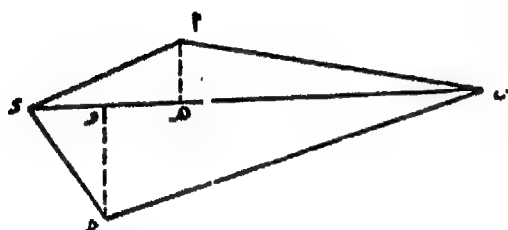
$$\text{المتر المربع} = ٢١٠٧٦٤ \text{ م}^2$$

$$\text{البوصة المربعة} = ٢٤٥٢ \text{ سم}^2$$

$$\text{الهكتار} = ٢١٠٠٠٠ = ١٠ \text{ دونم} = ٢٧ \text{ فدان} \cdot$$

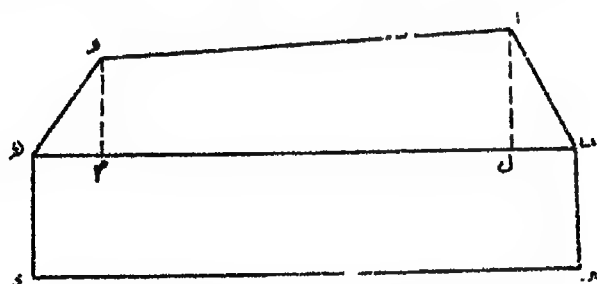
$$\text{الدونم} = ٢١٠٠٠ \text{ م}^2$$

ب) الاشكال غير المنتظمة والمحددة بخطوط مستقيمة : وهذه تقسم الى اشكال منتظمة وتستنتج ابعادها من الخريطة ، ويحسب كل منها بالقوانين الخاصة بها . فمثلا الشكل الرباعي ا ب ج د يوصل أحد قطريه ب د مثلا ويسقط عليه العمودان ا ه ، ح و من ا ، ح ثم تحسب مساحة المثلثين ا ب د ، ب ح د (شكل ١٥٢) .



شكل رقم (١٥٢)

وأیضا الشكل ا ب ج د ه و يقسم الى المستطيل ب ج د ه ، المثلثين ا ب ل ، و م ه وشبه المنحرف ا ل م و وتحسب مساحتها (شكل ١٥٣) .



شكل رقم (١٥٣)

ج) الاشكال غير المنتظمة ومحددة بمنحنيات : (الخط المنحنى جزء من اقواس من دوائر) . يمكن حساب هذا النوع من الاشكال بواسطة عدة طرق مختلفة وطريقة العمل فيها واحدة . وتتلخص فى رسم خط فى الاتجاه الطولى للشكل كمحور يقطع حديه . ثم يقسم هذا المحور الى اقسام متساوية ، ثم تقام اعمدة على هذا المحور من نقط التقسيم لتصل الى حدود الشكل (شكل ١٥٤) . وكلما صغرت المسافة بين الاعمدة او بمعنى آخر كلما كثر عدد الاجزاء المقسم اليها المحور كلما كانت النتيجة أكثر دقة . ثم تحسب مساحة الشكل باحدى الطرق الآتية :

١ - طريقة الارتفاع المتوسط : وفيها يقسم الشكل الى عدد من الاجزاء المتساوية عرض كل منها ل وتقام اعمدة من نقطة التقسيم تمتد حتى حدود القطعة وتقاس الاعمدة وتحول الى أطوالها فى الطبيعة .

ل = طول الجزء المشترك فى جميع الاقسام .

ن = عدد الاقسام على المحور .

١ع = العمود الاول .

عن = العمود قبل الاخير .

عن + ١ = العمود الاخير

$$\text{المساحة} = \frac{(١ع + ٢ع + ٣ع + \dots + عن + عن + ١)}{١ + ن} \times ل \times ن$$

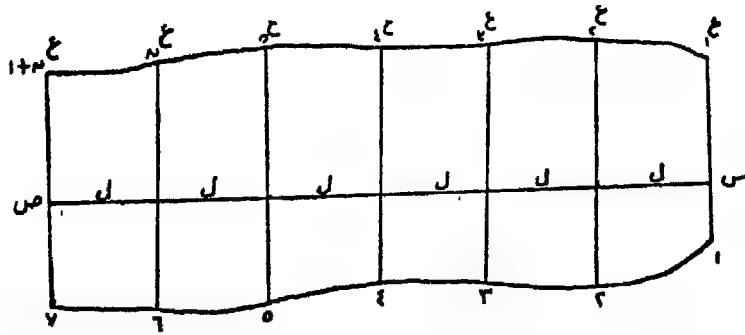
$$= \frac{\text{مجموع الارتفاعات}}{\text{عدد الارتفاعات}} \times \text{العرض المشترك} \times \text{عدد الاقسام}$$

$$= \text{الطول س ص} \times \text{متوسط الارتفاعات}$$

وهذه الطريقة أقل دقة فى نتائجها لأنها تفترض أن الحد الخارجى عبارة عن خطوط مستقيمة قصيرة .

٢ - طريقة اشباه المنحرفات : وهى أدق من السابقة وتزداد دقتها كلما

كثير عدد الأقسام ، وإذا كثرت الحدود عبارة عن خطوط مستقيمة أو قريبة من المستقيمة . أما إذا كثرت القوس أو درجة الانحناء كبيرة فهي لا تعطى نتائج جيدة إلا إذا كانت الأعمدة قصيرة .



شكل رقم (١٥٤)

طريقة الحساب :

١ - تحسب المساحة على أساس أن كل قسم عبارة عن شبه منحرف قاعدته العمود ١ ن وارتفاعه ل .

٢ - نأخذ بمساحة كل قسم على حدة ثم نجمع مساحات الأقسام كلها فنحصل على المساحة الكلية .

$$\text{المساحة} = \frac{1}{2} ل (١ع + ٢ع) + \frac{1}{2} ل (٢ع + ٣ع) + \dots$$

$$+ \dots + \frac{1}{2} ل (٦ع + ٧ع) + \frac{1}{2} ل (٧ع + ٨ع)$$

$$= \frac{1}{2} ل (١ع + ٢ع + ٢ع + ٣ع + ٣ع + ٤ع + ٤ع + ٥ع + ٥ع + ٦ع + ٦ع + ٧ع + ٧ع + ٨ع)$$

$$= \frac{1}{2} ل (١ع + ٢ع + ٢ع + ٣ع + ٣ع + ٤ع + ٤ع + ٥ع + ٥ع + ٦ع + ٦ع + ٧ع + ٧ع + ٨ع)$$

= نصف عرض القسم المشترك (العمود الأول + العمود الأخير + ضعف عدد الأعمدة الباقية) .

٣ - طريقة سمبسون : وهي أدق الطرق ، وتتوقف الدقة على شكل

قطعة الارض المراد ايجاد مساحتها والتي لابد وأن تكون حدودها متسقة ولا توجد بها كسرات أو نقط مدببة . وتحسب المساحة بالقانون الآتى :

المساحة = $\frac{L}{3}$ (العمود الاول + العمود الاخير + ضعف عدد الاعمدة الفردية + أربعة أمثال الاعمدة الزوجية)

$$\frac{L}{3} = ١٤ع + ع١ + ١ + ٢(٢٤ع + ٥ع + ١٠٠٠٧٤ع + ٤)$$

$$[٢٤ع + ٥ع + ١٠٠٠٧٤ع]$$

ويراعى فى تطبيق قاعدة سمبسون ما يلى :

١ - يجب أن يكون عدد الاقسام زوجيا .

ب - اذا كان عدد الاقسام فرديا يحذف أحد الطرفين وتحسب مساحته على أساس أنه شبه منحرف أو مثلث ويطبق القانون على باقى الاجزاء ثم تضاف مساحة الجزء المحذوف .

ج - عند أخذ الاعمدة الفردية أو الزوجية لا يكرر العمود الاول والعمود الاخير لانهما $١٤ع$ ، $ع١ + ١$.

د - عند عدم وجود عمود فى بداية القطعة أو فى نهايتها أو فى كل منهما يجب اعتباره = صفر .

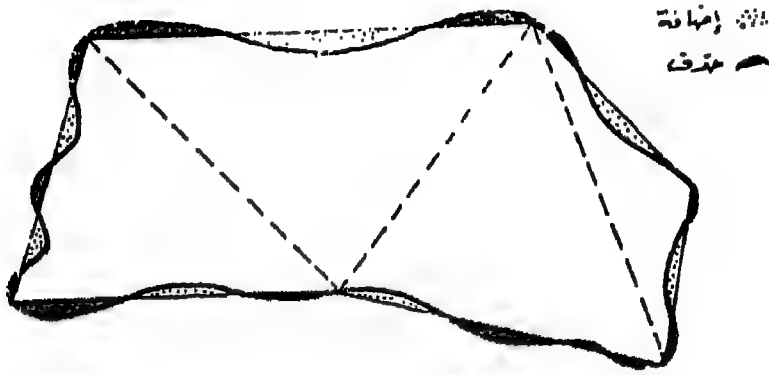
حالة خاصة : اذا كان عدد الاقسام ثلاثة فقط ، يطبق القانون التالى :

$$\text{المساحة} = \frac{L^3}{8} (١٤ع + ٢٤ع^٣ + ٢٤ع^٣ + ٤ع)$$

د - الاشكال ذات الحدود المتعرجة : يمكن حساب مساحة هذه الاشكال بعدة طرق تتباين فى دقتها تبعا لدقة عمل القائم بالحساب . وهذه الطرق هى :

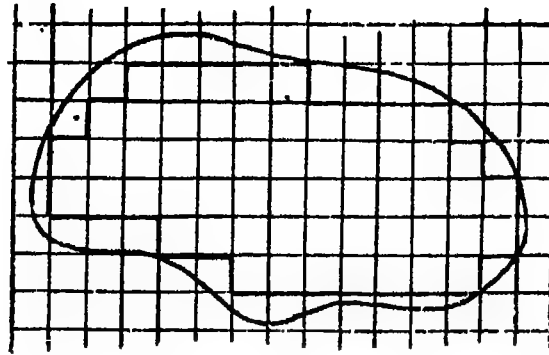
١ - طريقة الحذف والاضافة : تتلخص هذه الطريقة فى تحويل

الشكل المتعرج الحدود التي تنحرف أكثر مكافئ له في المساحة ذو حدود مستقيمة يمكن حسب مساحته عن طريق تقسيمه الى أشكال هندسية منتظمة تخضع لأي من القوانين المساحية المعروفة . ويتم رسم هذا الشكل عن طريق خطوط مستقيمة تقطع حدود الشكل المتعرج بحيث تضيف الى الشكل مساحات تكافئ تلك التي تفضلها عنه . ويجب أن تكون هذه الخطوط اقرب ما يمكن لحدود الشكل . وتتوقف دقة العمل بهذه الطريقة على صحة تقدير تساوي الاجزاء المحذوفة والمضافة (شكل ١٥٥) .



شكل رقم (١٥٥)

٢ - طريقة شبكة المربعات : وهي أدق من الطريقة السابقة وتعطى نتائج جيدة اذا كانت المربعات صغيرة . ويتم العمل بها برسم شبكة من المربعات اما على ورق شفاف وتوضع فوق الشكل المراد ايجاد مساحته أو ترسم على الشكل مباشرة . والطريقة الاولى افضل وذلك منعا لتشويه الشكل المرسوم . وتعد المربعات التي يحويها الشكل ثم تقدر اجزاء المربعات المتبقية بجوار حدود الشكل ، وتضاف لعدد المربعات الصحيحة . ويتم هذا التقدير اما بالنظر أو برسم مربعات صغيرة المساحة . ومساحة الشكل في الطبيعة = عدد المربعات \times مساحة المربع على الرسم \times مقياس الرسم . فمثلا لو كان عدد المربعات + عدد الاجزاء = ٧٠ ، وطول ضلع المربع $\frac{1}{2}$ سم ، ومقياس رسم الخريطة ١ : ٥٠٠ ، المساحة = $٧٠ \times \frac{1}{2} \times ٢٥٠٠$ = ٨٧٥٠٠٠ سم^٢ = ٨٧٥٠٠ م^٢ (شكل ١٥٦) .

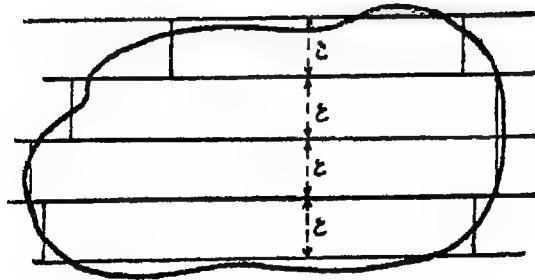


شكل رقم (١٥٦)

٣ - طريقة الخطوط المتوازية على أبعاد متساوية : وهى أدق من الطريقتين السابقتين ، وتزداد دقتها كلما تقاربت الخطوط المتوازية وكلما اتبعت الدقة فى العمل . وتتلخص فى رسم خطوط متوازية على مسافات متساوية كل منها = ع مثلا . وبذلك ينقسم الشكل الى شرائح . وبطريقة الحذف والاضافة تحول كل شريحة الى مستطيل . وتجمع مساحة المستطيلات فينتج لنا مساحة الشكل (المنطقة) .

المساحة = ع (طول المستطيل الاول + المستطيل الثانى + ... + المستطيل الأخير) (شكل ١٥٧) .

٣ - الطرق الميكانيكية : توجد أجهزة لحساب المساحة آليا ، وذلك من الخريطة مباشرة ولا تحتاج الى عمليات حسابية بسيطة . وهذه الاجهزة هى : مسطرة التفدين ، والبلانيمتر .



شكل رقم (١٥٧)

١ (مسطرة التفدين :

فى حساب المساحات اشرنا الى طريقة حساب قطعة ارض بواسطة تقسيمات الى اجزاء ارتفاعها ع ثم تحويلها الى مستطيلات بطريقة الحذف والاضافة ، وتصبح المساحة الكلية = ع × طول المستطيل الاول + الثانى + . . . الاخير . اى أن المساحة الكلية تساوى مجموع أطوال المستطيلات × الارتفاع الثابت .

ويقاس أطوال المستطيلات بواسطة المسطرة العادية . ولسهولة العمل نقيس طول المستطيل الاول وليكن ٣ر٤ سم ، ثم ننتقل الى المستطيل الثانى ونضع القراءة ٣ر٤ على بداية الطول ونقرأ المسطرة عند آخره فتكون مثلا ٩ر٨ ثم ننتقل الى المستطيل الثالث ونضع التدرج ٩ر٨ عند بدايته . . . وهكذا حتى نحصل فى النهاية على الطول الكلى للمستطيلات بدلا من قياس كل مستطيل على حدة وجمعها . بعد ايجاد طول المستطيلات يحول الى ما يقابله على الطبيعة ، وكذلك الارتفاع وحاصل الضرب هو مساحة الشكل . ويلاحظ أنه كلما زادت الاطوال كلما زادت المساحات وبالعكس ، لأن الارتفاع ثابت ، اى أن مساحة المستطيلات المتساوية العرض تتناسب طرديا مع أطوالها .

فاذا كان لدينا خريطة مقياس رسمها ١ : ٢٥٠٠ ، ورسم على الشكل المطلوب ايجاد مساحته خطوطا متوازية تبعد بعضها عن بعض بمسافة ٨ ملم فان هذا العرض على الطبيعة = ٢٠م . ولما كانت مساحة الفدان = ٨٣ر٢٠٠م^٢ فان طول المستطيل الممثل لفدان واحد والذى عرضه على الرسم ٨ ملم = $\frac{٨٣ر٢٠٠م^2}{٢٠} = ٨٤ر٠٢$ ملم أى أن كل فدان فى الطبيعة يمثل على الرسم مستطيل طوله ٨٤ر٠٢ ملم لانه قيس من خريطة حدد فيها عرضا ثابتا للفدان .

وكذلك اذا كان مقياس رسم الخريطة هو ١ : ١٠٠ ورسم عليه خطوط متوازية تبعد عن بعضها ٨ ملم ، فان هذا البعد على الطبيعة = ٨ م .

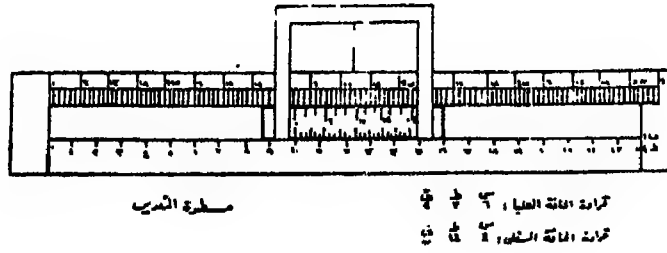
$$\text{وطول الفدان على الرسم} = \frac{١٠٠٠ \times ٤٢٠٠٨٣}{١٠٠٠ \times ٨} = ٥٢٥٠١ \text{ ملم أى}$$

أن كل فدان على الرسم بمقياس ١ : ١٠٠٠ يمثل مستطيل عرضه ٨ ملم وطوله ٥٢٥٠١ ملم .

ويمكن تطبيق هذا المبدأ فى حساب مساحة قطعة أرض متعرجة الحدود مرسومة على خريطة بمقياس رسم ١ : ٢٥٠٠ وذلك بتقسيمها الى شرائح عرض كل منها ٨ ملم ، وتحويل كل شريحة على مستطيل مكافئ لها فى المساحة ، ثم تجمع أطوال المستطيلات وتقسىم على ٨٤٠٢ ر.ملم فيكون الناتج هو مسافة الشكل بالفدان وكسر الفدان ، وهذا الكسر يحول الى قراريط وأسهم .

مسطرة التفدين : بدلا من قياس أطوال المستطيلات بالمسطرة العادية، صنعت مسطرة من الخشب طولها حوالى ٦٥ سم تسمى مسطرة التفدين . تستعمل حافتها العليا على خرائط ١ : ٢٥٠٠ وحافتها السفلى لمقياس ١ : ١٠٠٠ . وقد قسمت الحافة العليا الى أجزاء رئيسية طول كل منها ٨٤٠٢ ر.ملم تمثل فداناً . وأجزاء فرعية لتقسيم طول الفدان الى ٢٤ قسما يمثل كل منها قيراطا واحداً . وفوق هذا المقياس ورنية تقرأ الاسهم . أما الحافة السفلى فعليها جزء واحد طوله ٥٢٥٠١ ر.ملم يمثل فداناً واحداً ، وأجزاء تمثل الاربع وعشرون قيراطا ، وبوسط المسطرة مجرى تنزلق بداخله مسطرة معدنية صغيرة حافتها العليا عبارة عن ورنية تقرأ سهماً واحداً، وتتحرك مماسة لتدريج الافدنة والقراريط على مقياس ١ : ٢٥٠٠ . أما الحافة السفلى للمسطرة فتتحرك مماسة للمقياس ١ : ١٠٠٠ وهى ليست ورنية ولكنها مقياس طولى مقسم الى ٢٤ قسم طول كل منها سهم واحد، وذلك لاستعمالها لقراءة الاسهم بدلا من تقسيم القيراط فى المسطرة الى أقسام صغيرة مزدحمة . وهذا المقياس مدرج فى اتجاه تقسيم المقياس ليقراً أجزاء القيراط مباشرة . ويتصل بهذه المسطرة المعدنية اطار معدنى فى وسطه شعرة رأسية من السلك (شكل ١٥٨) .

طريقة استعمال مسطرة التفدين : اذا أريد إيجاد مساحة قطعة أرض على خريطة مقياسها ١ : ٢٥٠٠ نجرى الآتى :



شكل رقم (١٥٨)

- ١ - تقسم القطعة الى أجزاء عرض كل منها ٨ ملم ، وحول الى مستطيلات مكافئة لها فى المساحة بالحذف والاضافة .
- ٢ - يطبق صفر الورنية على صفر المقياس ، ونضع المسطرة على الرسم موازية للخطوط بحيث تنطبق الشعرة على الخط الايسر لاول مستطيل .
- ٣ - تثبت المسطرة ويحرك الاطار حتى تنطبق الشعرة على الخط الايمن المحدد لنهاية المستطيل فيبين صفر الورنية عدد الافدنة والقراريط الصحيحة ويعين خط الانطباق عدد الاسهم فتحدد مساحة المستطيل .
- ٤ - تنقل المسطرة بدون أن يحرك الاطار المعدنى وتطبق الشعرة على الحافة اليسرى للمستطيل الثانى ، وتثبت المسطرة ثم يحرك الاطار حتى تنطبق الشعرة على الحافة اليمنى للمستطيل . فتبين الورنية وخط الانطباق مجموع مساحتى المستطيلين الاول والثانى .
- ٥ - تنقل المسطرة الى المستطيلات التالية واحد تلو الآخر حتى نحصل فى النهاية على المساحة الكلية للشكل بالافدنة والقراريط والاسهم .
- ٦ - قد يتبقى جزء فى نهاية الشكل عرضه اقل من ٨ ملم ، وهذا يمكن حسابه باحدى الطرق السابقة .
- ٧ - فى حالة عدم مطابقة مقياس رسم الخريطة مع المسطرة تحسب المساحة بالقانون الآتى :

المساحة الحقيقية =

$$\frac{\text{المساحة الناتجة من المقياس المستعمل} \times (\text{المقياس المستعمل})^2}{(\text{المقياس الحقيقى})^2}$$

٨ - يستعمل مع مسطرة التفدين لوح من الباغة محفور عليه خطوط متوازية على بعد ٨ ملم ، بدلا من تقسيم الشكل على الخريطة مباشرة .

ب) البلاينيتر : عبارة عن جهاز دقيق لاستخراج المساحات بسرعة ، ويفضل استعماله بصفة خاصة فى حساب مساحات الاشكال غير المنتظمة والمتعرجة الخطوط . ويتركب الجهاز من (شكل ١٥٩) :

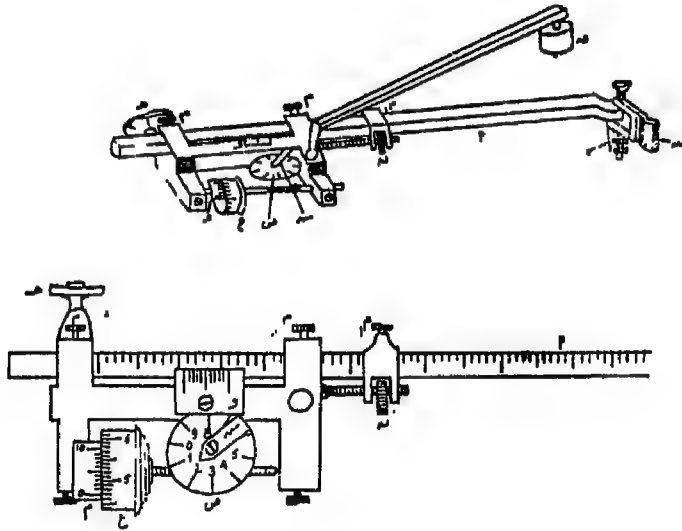
١ - ذراع (ا) يسمى ذراع التخطيط أو الرسم ، وهو مقسم الى اجزاء رئيسية متساوية كل منها مقسم الى عشرة اقسام فرعية متساوية ، وينتهى الذراع فى أحد طرفيه بسن ابرة أو عدسة ، وفى حالة وجود سن ابرة يوجد بجواره مسمار أملس السطح (هـ) يتركز على الورق ، ويمكن بواسطته رفع سن الابرة قليلا عن سطح الورقة حتى لا تتلف عند مرور السن عليها . ويوجد بجوار الابرة المقبض لاستعماله عند تمريرها على محيط الشكل المطلوب ايجاد مساحته .

٢ - الذراع (ب) يسمى ذراع الثقل . فى أحد طرفيه مخروط (خ) يدخل فى الثقب (د) الموجود بالغلاف . ويوجد بالطرف الآخر من هذا الذراع الثقل (ق) فى أسفله ابرة لتثبيت الذراع بالورق ، بينما تتحرك باقى الاجزاء على محيط الشكل .

٣ - الغلاف ويتكون من العجلة الرأسية (ع) وتسمى عجلة القياس ، ينقسم محيطها الى عشرة اجزاء رئيسية متساوية كل منها مقسم الى عشرة اجزاء فرعية متساوية ويمكن قراءة $\frac{1}{10}$ منها بواسطة الورنية (و) المثبتة فى الغلاف بجوار عجلة القياس . وهذه العجلة ترتكز حافتها للمساء على الورق عند استعمال البلاينيتر ، وهى تدور على محور أفقى متصل بقرص أفقى (ص) بواسطة تروس أفقية ورأسية ، ومحيط هذا القرص مقسم الى عشرة اقسام متساوية تتحدد قراءتها بواسطة المؤشر (ش) فوق القرص . ويدور هذا القرص على محور رأسى تبعا لحركة عجلة القياس .

ويلاحظ أنه عندما يتحرك سن الابرة على الورق فإن العجلة (ع) تدور رأسيا ويتحرك تبعاً لها القرص الافقى (ص) • ويرتكز الجهاز أيضاً على عجلة ملساء (ج) مركبة فى الغلاف وذلك لزيادة ثبات الجهاز وتسهيل انزلاقه بدون احتكاك على سطح الورق •

٤ - وبالغلاف أيضاً ورنية (و) تقرا $\frac{1}{10}$ من أصغر قسم من اقسام الذراع (١) الذى ينزلق داخل الغلاف • وهذا يمكن تثبيته على الذراع بربط المسارين (م ، م) أو تحريكه حركة سريعة بفكهما (ويوجد أحيانا فى بعض الاجهزة مسمار واحد فقط) ويتحرك الغلاف أيضاً على الذراع حركة بطيئة بربط المسار م، وفك المسارين (م ، م) وتحريك الصامولة (ن) وتبعاً لحركة الغلاف تتحرك الورنية (و) مماسة لأقسام الذراع (١) • (شكل ١٥٩ ، ١٦٠) •



شكل رقم (١٥٩ ، ١٦٠)

قيمة القسم على كل من القرص الافقى وعجلة القياس والورنية : القسم فى القرص الافقى يساوى ١٠٠٠ وحدة بلانيمترية ، وعندما يتحرك القرص قسماً واحداً أمام مؤشره ، فإن عجلة القياس تدور دورة كاملة أى أنها

تساوى ١٠٠٠ وحدة بلانيمترية . وطبقاً لتقسيمها فإن كل قسم من أقسامها الرئيسية العشرة يساوى ١٠٠ وحدة بلانيمترية ، وأصغر أقسامها يساوى ١٠ وحدات بلانيمترية ، أى أن القرص الأفقى يعين الآلاف والعجلة الرأسية المئات والعشرات ، أما الأحاد فتقدر بواسطة الورنية (و) لأنها مصممة بحيث تبين $\frac{1}{10}$ أصغر أقسام العجلة الرأسية .

طريقة استعمال البلانيمتر :

لكل مقياس من المقاييس الشائعة طول معين على الذراع (١) مكتوب فى جدول داخل علبة البلانيمتر . وقبل استعمال الجهاز تفك حمّيع المسامير (م ، م ، م ، م) ، ويحرك الذراع داخل الغلاف حتى يبين صفر الورنية (و) الطول المقابل للمقياس المرسوم به الخريطة بالتقريب ثم يربط المسامير (م) فقط وتحرك الصامولة (ن) حتى يبين خط الانطباق على الورنية (و) القراءة المطلوبة بالضبط على الذراع ، وأخيراً يربط المسامير (م ، م ، م) .

عندئذ يكون الجهاز معد للاستعمال ، فتثبت ورقة الرسم تماماً ، ثم تحدد نقطة لبدء القياس على محيط الشكل المطلوب إيجاد مساحته . يوضع سن الابرة (ر) فوق نقطة البداية مع وضع الثقل فى مكان مناسب على الورقة ، ويحسن أن يكون خارج الشكل وفى وضع يصنع فيه الذراعين زاوية قائمة تقريباً . يمرر سن الابرة على محيط الشكل فى اتجاه عقرب الساعة ، لأن ترقيم عجلة القياس يتزايد فى هذا الاتجاه .

وبعد التأكد من أنه فى الامكان مرور الابرة على محيط الشكل بسهولة ، يثبت الثقل وذلك بغرز الابرة التى فى أسفله .

يبدأ العمل بتسجيل قراءة القرص وعجلة القياس والورنية ، ثم يمرر سن الابرة بدقة على محيط الشكل فى اتجاه عقرب الساعة حتى يعود ثانية الى نقطة البداية ، وهنا تسجل القراءة مرة أخرى . والفرق بين القراءتين يبين مساحة الشكل بالوحدات البلانيمترية . وإذا تعذر أن يمرر السن على المحيط كله ، يقسم الشكل الى أجزاء ثم توجد مساحة كل منها على حدة ، وتضاف المساحات للحصول على المساحة الكلية .

يعاد العمل مرة أخرى أى يمرر السن على المحيط عدة مرات، وتستبعد القراءات التى لا تتفق مع الأغلبية ويؤخذ المتوسط ، أى متوسط القراءات المتقاربة على الا يقل عددها عن ثلاثة .

لكل جهاز جدول مكون من خمسة أقسام :

القسم الأول : خاص بمقياس الرسم ومدون به بعض المقاييس شائعة الاستعمال .

القسم الثانى : خاص بحلول ذراع التخطيط المقابل لكل مقياس من المقاييس السابقة .

القسم الثالث : يبين قيمة الوحدة البلانيمترية بالمتري المربع على الطبيعة طبقا لمقياس الرسم المستعمل .

القسم الرابع : يبين قيمة الوحدة البلانيمترية بالمليمتر المربع على الخريطة (وبالسنتمتر المربع فى بعض الاجهزة) .

القسم الخامس : يبين قيمة الثابت البلانيمترى فيما اذا استخدم الجهاز والثقل داخل الشكل .

حساب المساحة :

الحالة الاولى : الثقل خارج الشكل : يفضل استخدام هذه الطريقة دائما فى العمل ، ويتم الحساب بالطريقة الآتية :

بعد تمرير سن الابرة على محيط الشكل أكثر من مرة ، وأخذ متوسط القراءات الثلاثة المتقاربة، وهو يساوى مساحة الشكل بالوحدات البلانيمترية يضرب عدد هذه الوحدات فى القيمة الموجودة فى العمود الثالث بالجدول اذا أريد ايجاد مساحة الشكل على الطبيعة . أو يضرب فى قيمة العمود الرابع للحصول على مساحة الشكل على الخريطة .

اذا لم يوجد المقياس المرسوم به الخريطة فى الجدول ، فيمكن استعمال أى مقياس من المقاييس المكتوبة بالجدول . وتحسب المساحة بالقانون الآتى :

المساحة الحقيقية =

$$\text{المساحة بالمقياس المستعمل} \times \left(\frac{\text{المقياس المستعمل}}{\text{المقياس الحقيقى}} \right)^2$$

الحالة الثانية : الثقل داخل الشكل : اذا كان الشكل المطلوب ايجاد مساحته كبير ولا يمكن للابرة ان تمر على محيطه ، يمكن وضع الثقل داخل الشكل ، ويتم العمل بنفس الطريقة والثقل خارج الشكل . لكن استعمال البلانيومتر بهذه الطريقة ليس سهلاً ولا مريحاً بعكس الحال اذا كان البلانيومتر خارج الشكل ، لذلك يحسن أن نتحاكى استعمال البلانيومتر والثقل فى الداخل . وتستخرج المساحة بتقسيم الشكل الى عدة اجزاء وايجاد مساحة كل جزء ثم تضاف الاجزاء فى النهاية . وعلى كل لايجاد المساحة والثقل داخل الشكل يجرى الآتى :

١ - بعد تثبيت الثقل فى مكان مناسب داخل الشكل بحيث يستطيع سن الابرة المرور على محيط الشكل ، تحدد نقطة البداية ، ويضبط صفر الورنية (و) على ذراع التخطيط حسب مقياس الرسم ، يوضع سن الابرة على نقطة البداية وتؤخذ القراءة الاولى التى يحسن أن تكون صفراً .

٢ - يحرك سن الابرة على حدود الشكل فى اتجاه عقرب الساعة ونلاحظ بدقة وانتباه تام ما اذا كانت قراءة القرص الافقى وعجلة القياس تتزايد أو تتناقص حتى يصل سن الابرة الى نقطة البداية .

٣ - فى حالة القراءة المتزايدة : المساحة = العدد الثابت + (القراءة الثانية - القراءة الاولى) × المعامل . وفى حالة القراءة المتناقصة : المساحة = العدد الثابت - (القراءة الثانية - القراءة الاولى) × المعامل

د - المقصود بالعدد الثابت هو الرقم الموجود فى القسم الخامس بالجدول . مثال : أخذت القراءة الاولى والثقل داخل الشكل فكانت = صفر والثانية ٨٧٦٤ ، والوحدة للمقياس المستعمل ٢٥٠٠٠ ، أوجد المساحة . العدد الثابت = ٢٣٠٠٠ .

الحل : لو فرض أن القراءة كانت متناقضة أى أنها تراجعت من صفر إلى ٨٧٦٤، وتعرف ذلك بملاحظة القرص والعجلة فالمساحة فى هذه الحالة :
 المساحة = ٢٢٠٠٠ - (١٠٠٠٠ - ٨٧٦٤) × ٠.٨ = ٢٠٨٦٦١١٢ م^٢ .
 أما اذا كانت القراءة متزايدة فان :

$$\text{المساحة} = ٢٢٠٠٠ + (٨٧٦٤ - \text{صفر}) \times ٠.٨ = ٢٠٨٦٦١١٢ \text{ م}^2$$

من هذا يتضح كم تكون معرضين للخطأ باستعمال الجهاز والنقل داخل الشكل ، وذلك لضرورة اليقظة والانتباه اذا كانت القراءة متناقضة أم متزايدة .

خامسا : تغيير مقياس رسم الخريطة

كثيرا ما يضطر الجغرافى الى تكبير أو تصغير الخريطة فى حجم يناسب الغرض المطلوب ، وهذا يعنى تغيير مقياس رسمها . ولإجراء ذلك هناك عدة طرق يمكن تصنيفها الى :

- ١ - طرق تخطيطية .
- ٢ - طرق ميكانيكية .
- ٣ - طرق فوتوغرافية .

أولا : الطرق التخطيطية

١ - طريقة المربعات : وهى شائعة الاستخدام بين طلاب المدارس والجامعات لسهولة استخدامها ، إلا أنها لا تعطى نتائج جيدة . وتتلخص طريقة العمل بها فى تقسيم الخريطة المراد تكبيرها أو تصغيرها الى عدد من المربعات المتساوية باستخدام مسطرة حـرف T وقلم رصاص خفيف أو يوضع فوق الخريطة الاصلية ورق شفاف ترسم عليه المربعات حتى لا تتلف الخريطة . يرسم على الورقة المراد نقل الخريطة بمقياسها الجديد عليها عددا مساويا للمربعات التى رسمت على الخريطة الاصلية . ويتناسب طول ضلع المربع من نسبة تكبير أو تصغير الخريطة ، فإذا كان طول ضلع المربع على الخريطة الاصلية ١ سم ويراد تكبيرها بنسبة ٢ : ١ مثلا يصير طوله على الخريطة الجديدة ٢ سم . أما حالة التصغير فيصبح

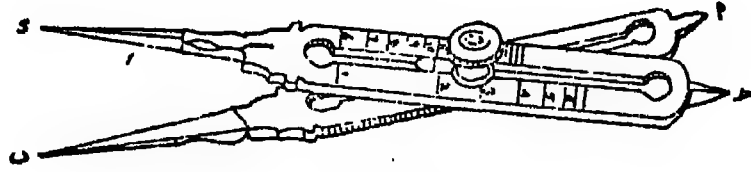
طول الضلع $\frac{1}{2}$ سم . تنقل نقط تقاطع الظاهرات مع أضلاع المربعات على الخريطة الأصلية الى المواضع المقابلة لها على اللوحة . أما التفاصيل داخل كل مربع فتعين بالنظر أو بقياس بعدين لها من ركنين من أركان المربع .

ويلاحظ فى هذه الطريقة أنه كلما زاد عدد المربعات على الخريطة الأصلية أو بمعنى آخر صغر طول ضلع المربع كلما كانت النتائج النهائية أقرب الى الدقة . كما أن تصغير أو تكبير مقياس الرسم هو تصغير أو تكبير لطول كل ضلع من أضلاع المربع على حدة وليس لمساحة كل مربع ، ذلك لأن مقياس الرسم ينطبق على أطوال الأضلاع لا على المساحات .

وعند تصغير الخريطة يجوز اختصار بعض التفاصيل ، إذ أن نقلها كاملة ستؤدى الى ازدحام الخريطة الجديدة المصغرة . كما أنه ينبغي ألا تراعى نسبة التصغير عند نقل الرموز أو العلامات الاصطلاحية وكذلك الكتابة الموجودة على الخريطة ، إذ أن فى تصغيرها يجعلها غير واضحة أو مطموسة . وهذه المحافظة على حجم الرموز أو العلامات الاصطلاحية لا يخل اطلاقاً بمقياس الخريطة المطلوب لأن مثل هذه العلامات أو حتى الكتابات لا تخضع الى مقياس رسم . أما فى حالة التكبير ، فيحسن تكبير الرمز وليس شرطاً بنفس النسبة حتى يصير واضحاً ومناسباً لمساحة الخريطة الجديدة .

ولتسهيل عملية نقل نقط تقاطع تفاصيل الخريطة مع أضلاع شبكة المربعات يستعمل فرجار التناسب (شكل ١٦١) . وهو عبارة عن فرجار محور ارتكازه متغير ، وفى نهايتى كل ذراع سنين . وينزلق المحور داخل شريخين هوليين فى الذراعين بطريقة تسمح بتغيير طولهما ثم تثبيتها عند علامة خاصة محفورة على جانبى الذراعين تبين النسب المطلوبة فى التكبير أو التصغير .

وعند فتح الفرجار بأى فتحة تصير النسبة بين المسافة بين السنين الصغيرين والمسافة بين السنين الكبيرين كالنسبة المسجلة أمام العلامة المحفورة على جانبى الذراعين .



شكل رقم (١٦١)

ب - طريقة الاشعاع : تعتبر هذه الطريقة أدق من الطريقة السابقة لأنها تتلافى عدم إمكانية نقل التفاصيل داخل المربعات بدقة . وتصلح بصفة خاصة فى تكبير أو تصغير الخطوط المتعرجة مثل المجارى المائية أو خطوط السواحل أو الطرق والسكك الحديدية . نفرض أنه يراد تكبير خريطة بنسبة ١ : ٤ تنم العمدة على النحو التالى :

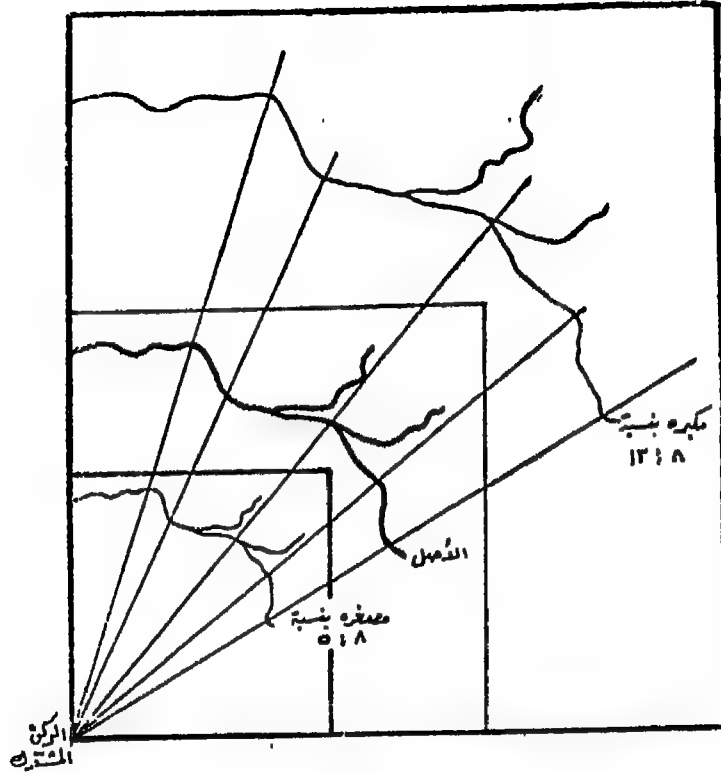
١ - نقيس طول اضلاع الخريطة الأصلية : وبنسبة التكبير المطلوبة تحسب ما يقابل هذه الاضلاع من ابعاد على اللوحة الجديدة ، ثم يرسم اطار هذه الخريطة بدقة عالية على ورقة كلك أو شفاف .

٢ - يوضع أحد أركان الخريطة الجديدة فوق الركن المناظر له على الخريطة الأصلية ، بحيث تنطبق الاضلاع المجاورة لهذا الركن فى الخريطة الأصلية على الاضلاع المناظرة لها على الخريطة الجديدة . تثبت الخريطتان جيذاً على لوحة الرسم . وبذلك نكون قد وجهنا الخريطتين توجيهها صحيحاً ، وتعتبر نقطة الركن فى هذه الحالة نقطة الاشعاع .

٣ - يقاس بعد كل ظاهرة أو النقطة التى تنتهى عندها الظاهرات أو التى يتغير عندها اتجاه الخطوط سواء كانت مجارى نهريّة أو خطوط كنتور أو طرقاً أو سككاً حديدية أو ترعاً ، يقاس بعد هذه النقطة من الركن المشترك على الخريطة الأصلية ، ثم يمد خط على امتداد الخط البواصل من هذا الركن الى هذه النقطة ويقاس عليه نفس الطول مضروباً فى نسبة التكبير . فاذا كانت المسافة بين الركن والنقطة على الخريطة الأصلية ٣٤ سم يكون موقع النقطة على الخريطة الجديدة ابتداءً من الركن على مسافة ١٧٢ سم .

٤ - توصل النقط الجديدة بعضها ببعض فتنتج لنا الخريطة بمقياسها الجديد المطلوب (شكل ١٦٢) .

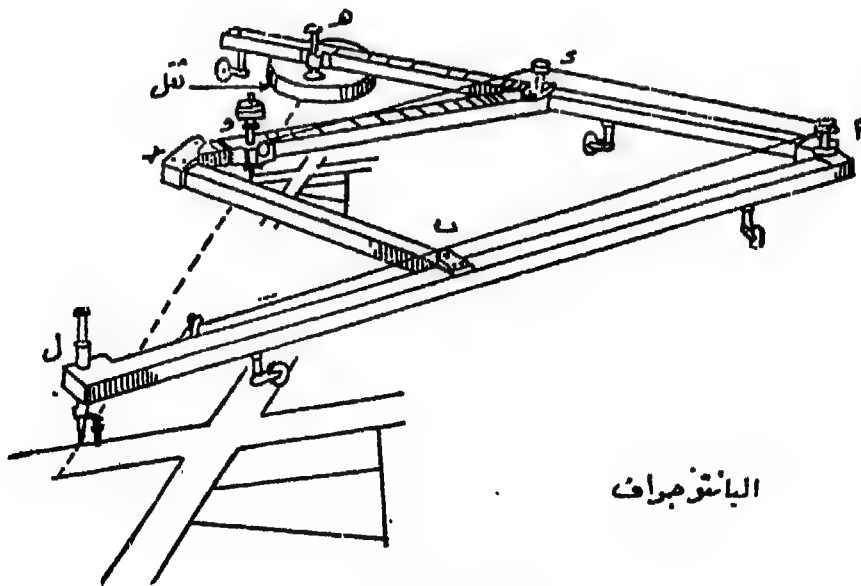
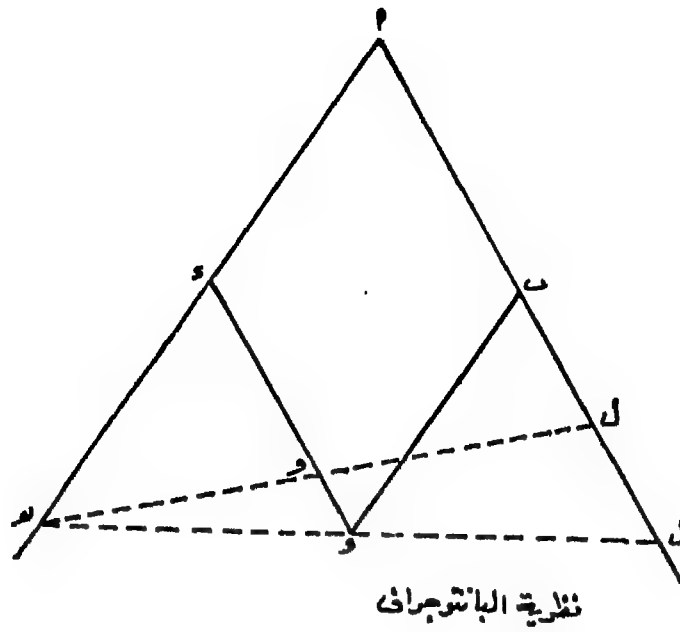
أما فى حالة التصغير فيتم العمل بنفس الطريقة . ولمعرفة طول الشعاع على الخريطة الجديدة يقسم طول الشعاع على الخريطة الاصلية على نسبة التصغير .



شكل رقم (١٦٢)

ثانيا : الطريقة الميكانيكية

يستخدم فى هذه الطريقة جهاز يسمى البانتوجراف (شكل ١٦٣)، وهو عبارة عن جهاز يمكن به تكبير وتصغير الخرائط بعملية بسيطة ، وذلك فى حدود النسب التى يسمح بها . وهو يعطى نتائج سريعة وكافية من حيث الدقة وخاصة فى المساحات الصغيرة . ويفضل عند تكبير مساحة كبيرة أن تقسم الى أجزاء يكبر كل منها على حدة .



شكل رقم (١٦٣)

يتركب الجهاز من هيكل مكون من أذرع معدنية ، يتصل بعضها ببعض بواسطة مسامير سهلة الحركة بحيث تكون أضلاعه وفى أى وضع من أوضاعه متوازي أضلاع (أ ب ج د) . ويوجد على امتداد الضلع (أ د) النقطة (هـ) وهى عبارة عن ثقل يتحرك على هذا الضلع . وعلى الذراع (د ج) توجد النقطة (و) وهى عبارة عن راسم ينتهى بسن ابرة أو بقلم رصاص . وعلى امتداد (أ ب) توجد النقطة (ل) وهى أيضا تنتهى براسم به قلم رصاص أو سن ابرة . ويمكن تثبيت احدى النقط الثلاث (ل) وتغيير وضع الآخرين (هـ ، و) . أما باقى النقط فيتركز عليها الجهاز ويتوازن . والساقان (د هـ) ، (د ج) مدرجان بتقاسيم تعطى نسباً خاصة للتكبير أو التصغير بحيث اذا ثبت كل من (هـ) ، (و) على نسبة معينة من التقاسيم فان النقط الثلاث (هـ) ، (و) ، (ل) تكون على استقامة واحدة وتقع على ثلاثة من أضلاع متوازي الاضلاع أو امتدادها . وينج عن ذلك تشابه المثلثين

$$(د هـ و) ، (أ ل هـ) \text{ ومن هذا التشابه يصير } \frac{و هـ}{هـ ل} = \frac{هـ د}{أ هـ} = \frac{د و}{أ ل}$$

وعندما يتحرك الراسم (ل) - به ابرة - على حدود شكل ما مع تثبيت الثقل (هـ) فى وضع مناسب على الذراع (أ د) بحيث تكون بمثابة مركز يدور حوله الجهاز ، فان الراسم (و) يحدد شكلاً مشابهاً للأول وبتغيير مواضع النقط الثلاث بتحريكها على الاضلاع مع ملاحظة أن تكون كلها على استقامة واحدة يمكن تحديد نسبة خاصة بين الشكلين المتشابهين سواء أكانت تصغيراً أو تكبيراً .

ولذلك يستعمل هذا الجهاز للتكبير والتصغير تبعاً لنسب معينة على الذراعين د هـ ، د ح فاذا ترك الراسم على الشكل الاصلى فى النقطة (و) فان القلم الرصاص الموجود فى (ل) يعين صورة مكبرة للشكل الاصلى . وبوضع القلم فى (و) وتمرير سن الابرة (ل) على شكل ما فان القلم (و) يرسم صورة مصغرة للشكل .

والعيب الرئيسى للبانوجراف هو الاحتكاك الذى يحدث لمفاصل الجهاز

عند تحريكه مما يجعل تتبع تفاصيل الخريطة بسن الابرة امرا يلزمه حذرا بالغا خاصة فى عمليّة التكبير . لذلك فان البانتوجراف اصلح للتصغير منه للتكبير لأن اى خطأ فى تحريك سن الابرة على تفاصيل الخريطة الاصلية يترتب عليه فى حالة التكبير مضاعفة هذا الخطأ بنفس نسبة التكبير التى يتم بها نقل الخريطة .

ثالثا : الطرق الفوتوغرافية

تستعمل أجهزة البرجيكتور والعارضات الرأسية والفانوس السحرى فى تكبير الخرائط، وذلك برسم الخريطة المطلوب تكبيرها على ورق البلاستيك الخاص بالعارض الرأسى، أو وضع الخريطة الاصلية مباشرة داخل الفانوس السحرى . وبواسطة مرآة ومنشور داخل هذه الاجهزة يتم استقبال الصورة المنعكسة على لوح من الورق مرسوم عليه اطار تتناسب أبعاده مع نسبة التكبير . ويجرى تحريك الجهاز الى الامام أو الى الخلف حتى ينحصر الصورة المنعكسة داخل الاطار المرسوم كاملة . يرسم بقلم رصاص على الظلال المنعكسة لرسم التفاصيل والخطوط . وبذلك يتم الحصول على الخريطة بمقياس الرسم المطلوب .

أما فى حالة التصغير ، فيتم تصوير الخريطة فوتوغرافيا والحصول على شريحة ايجابية ، وبوضع هذه الشريحة داخل جهاز البروجيكتور أو داخل نظام الميكروفيلم وعكسها على لوحة من الورق المرسوم عليها اطار الخريطة الجديدة بمقياس الرسم المطلوب نحصل على الخريطة الجديدة . ونظام الميكروفيلم الحديث يستطيع تصوير خرائط تصل أبعادها ١٢٠ X ١٨٠ سم وعكسها بأى نسبة تكبير أو تصغير .

والطرق الفوتوغرافية هى أكثر الطرق شيوعا واستخداما فى التصغير عنها فى التكبير ، ذلك أن تصغير الخريطة يخفى ما بها من رتوش وما بخطوطها من عيوب . وقد جرت العادة فى رسم خرائط مصالح المساحة وخرائط الاطالس أن ترسم بمقياس يعادل أربعة أمثال مقياس الرسم المطلوب ، ثم يتم تصغيرها بالطرق الفوتوغرافية ، فتظهر الخرائط فى

النهاية من الدقة والنظافة لدرجة أن الناظر اليها لا يصدق أنها رسمت في أول الأمر بيد رسام .

وينبغي عند استعمال الطرق الفوتوغرافية في التصغير أو التكبير ملاحظة أن المقياس الخطى والمقياس الشبكي يتم تكبيرهما أو تصغيرهما بنفس النسبة . أما المقاييس الحسابية أو الكتابية فإنها تظل محتفظة بنفس نسبة الخريطة الاصلية، واذلك يجب مراعاة تعديله بعد التصغير أو التكبير .

الفصل الثالث عشر

الاتجاهات على الخرائط وتوجيه الخرائط

عند انشاء الخرائط يجب وضع وايضاح الاتجاهات عليها حتى يمكن توجيه الخريطة اى وضعها فى وضع أفقى بحيث تتفق اتجاهات الظاهرات المرسومة عليها مع اتجاهات نظائرها على الطبيعة. وهذه الاتجاهات هى :

١ - اتجاه الشمال الحقيقى أو الجغرافى : وهو الخط الواصل بين أى نقطة والقطب الجغرافى الشمالى .

٢ - اتجاه الشمال المغناطيسى : وهو الخط الواصل بين أى نقطة والقطب الشمالى المغناطيسى للكرة الارضية .

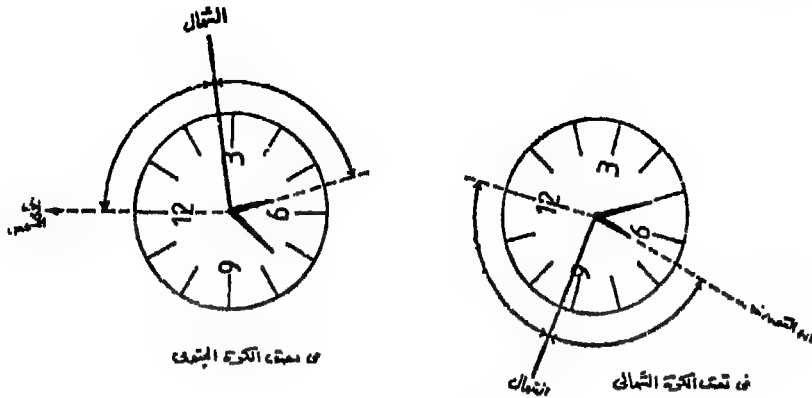
٣ - اتجاه الشمال الاحداثى : ويسمى أحيانا بالشمال التسامتى : وهو عبارة عن محور الشمال الذى يوازى خط الطول الاوسط فى أى نظام احداثى فى الخرائط الطبوغرافية .

ويعين اتجاه الشمال المغناطيسى بواسطة البوصلة التى تشير ابرتها الى القطب المغناطيسى للارض بشرط عدم وجود معادن أو تيار كهربائى يؤثر عليها .

أما اتجاه الشمال الجغرافى فيعين بواسطة الشمس نهارا أو بالنجم القطبى ليلا . والطرق التى تتبع فى تحديد اتجاه الشمال الجغرافى نهارا هى :

١ - طريقة الساعة : توضع ساعة اليد العادية فى وضع أفقى، وتوجه بحيث يشير عقرب الساعات الى الشمس . يكون الخط الوهمى الواصل بين مركز الساعة ومنتصف القوس المنحصر بين رقم ١٢ ، ٦ ، وعقرب الساعات

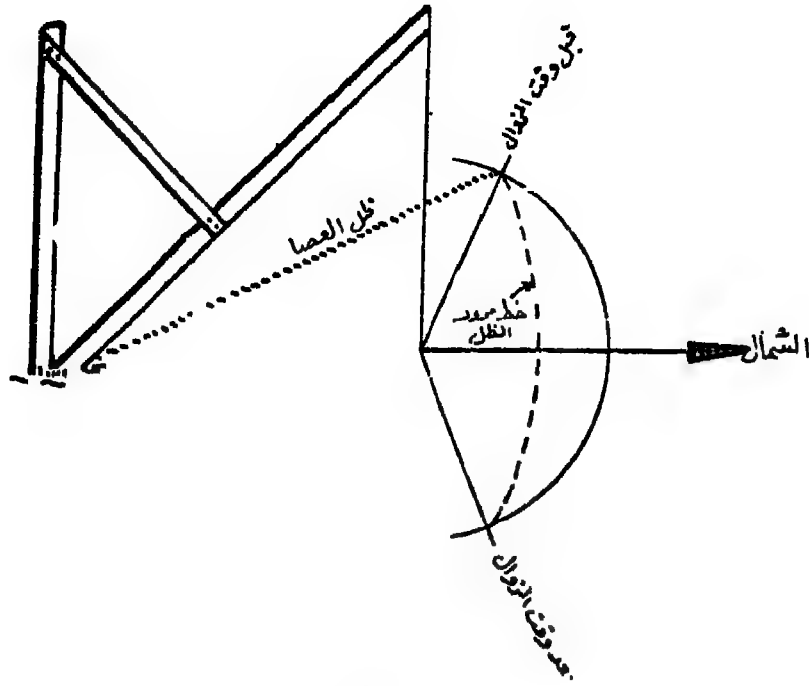
هو الخط الذى يشير الى الجنوب ، وبالطبع امتداده فى الجهة العكسية يشير الى الشمال . هذا فى نصف الكرة الشمالى ، أما فى نصف الكرة الجنوبي ، فتوجه الساعة بحيث يشير رقم ١٢ الى الشمس . ومنصف الزاوية المحصورة بينه وبين عقرب الساعات يشير الى الشمال والاتجاه العكسى يشير الى الجنوب (شكل ١٦٤) .



شكل رقم (١٦٤)

٢ - طريقة ظل العصا : تثبت عصا بشكل مائل ، ويربط فى رأسها خيطا ينتهى بثقل ، فيبدو الخيط مدلى من العصا بصورة عمودية عند سطح الارض تماما . ترسم دائرة على الارض بنصف قطر يساوى طول ظل العصا ، وتتم هذه العملية قبل الزوال . يراقب هذا الظل الذى يأخذ فى القصر بالتدريج كلما اقترب وقت الزوال ثم يطول مرة أخرى بعد هذا الوقت حتى يصل الى طول يعادل طوله عندما رسمت الدائرة ، أى عندما يلامس الظل فى نهايته هذه الدائرة . تعين نقطة التقاء الظل بالدائرة كما عينت مثيلتها قبل الزوال وينصف القوس بين النقطتين . ويرسم من نقطة التنصيف خطا يصلها بنقطة التقاء ثقل الخيط بسطح الارض فيكون هو الشمال الحقيقى . (شكل ١٦٥) .

٣ - طريقة أعمدة التلغراف والتليفون : يمكن الاستعاضة عن العصا بمراقبة ظل أى قائم عمودى مثل : عمود تلغراف وتليفون أو نخلة أو برج كهرباء وذلك قبل وبعد منتصف النهار . وبطبيعة الحال سوف يكون الظل



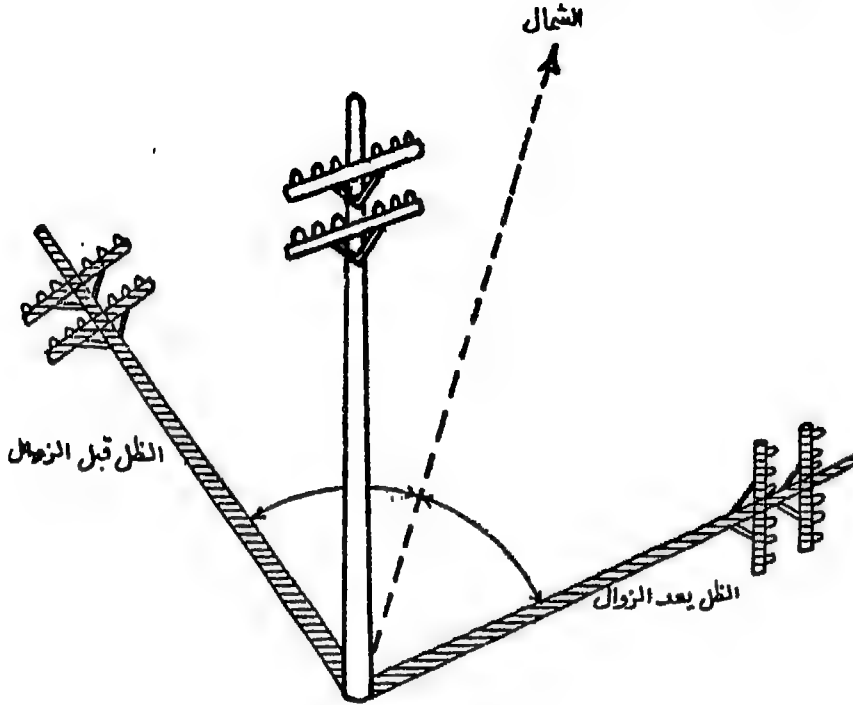
شكل رقم (١٦٥)

طويلا في النصف الاول من النهار ويأخذ في القصر حتى منتصف النهار ثم يأخذ في الطول من جديد . وفي الوقت الذي يصل فيه الى نفس الطول الاول يمكن رسم قوس بين خط الظل أولا وخط الظل ثانيا ثم تنصف الزاوية المحصورة بينها بخط يكون هو الشمال (شكل ١٦٦) .

٤ - طريقة المزولة : وهي تعرف باسم الساعة الشمسية ذلك لأنها تتركب من قرص خشبي مقسم الى درجات تشبه درجات الساعة . وبمركز هذا القرص يوجد مؤشر مائل بزاوية تساوي درجة عرض المكان الراصد . فاذا أريد معرفة اتجاه الشمال الجغرافي يحرك مؤشر القرص نحو رقم توقيت الساعة ، وبذا يشير ظل المؤشر في الساعة في هذا الوضع الى اتجاه الشمال الحقيقي في نصف الكرة الشمالي .

ويحدد الشمال الجغرافي ليلا بواسطة النجم القطبي ، وهو نجم متوسط اللمعان يقع فوق القطب الشمالي ، وهو آخر نجم في ذيل مجموعة

الدب الأصغر . ويدور هذا النجم حول نقطة وهمية وسط السماء مسامتة لنقطة القطب الشمالى مرة كل يوم نجمى ، واليوم النجمى يعادل أربع وعشرون ساعة الا أربعة دقائق وهذا النجم يميل عن نقطة القطب الشمالى الجغرافى بمقدار ١٦ درجة . ويكون الخط الواصل بين الراصد وهذا النجم هو اتجاه الشمال الجغرافى .



شكل رقم (١٦٦)

ويستدل على هذا النجم بمجموعة نجمية أخرى لامعة وواضحة ومميزة هى مجموعة الدب الأكبر . وهى عبارة عن سبع نجوم تأخذ شكل المغرفة ، والنجمان اللذان يحددان الضلع الخارجى منها يسميان المشيران لأنهما يشيران الى النجم القطبى . فلو مددنا خطا بينهما على استقامته لمسافة تعادل خمسة أمثال المسافة بين هذين النجمين لوقع بصرنا على النجم المطلوب .

وهناك على الجانب الآخر من النجم القطبى مجموعة نجوم أخرى

على شكل حرف W الافرنجى تعرف باسم مجموعة كاسيوبيا . وتتكون هذه المجموعة من خمسة نجوم تحصر بينهما زاويتين احدهما اكبر من الاخرى . فاذا نصفت الزاوية الكبرى ، فان خط المنصف يشير الى النجم القطبى .

ومن اهم مميزات النجم القطبى انه اذا اتجهنا اليه يمكن معرفة الاتجاهات الاصلية فوراً ، اذ يكون الشمال اُمامنا والجنوب خلفنا والشرق الى يميننا والغرب الى يسارنا .

الا أنه يُمكن معرفة اتجاه الشمال الجغرافى بمساعدة البوصلة ومعرفة درجة الاختلاف المغناطيسى وبطرح هذه الدرجة أو جمعها يمكن الاستدلال على الشمال الجغرافى .

العلاقة بين الشمال الجغرافى والشمال الاحداثى :

تظهر خطوط اتجاه الشمال الجغرافى على الخرائط على هيئة اقواس تقترب الى حد كبير من الخطوط المستقيمة . ذلك لأنها عبارة عن خطوط زوال . ويظهر خط الزوال الاوسط - لائى منطقة مبينة على الخريطة على شكل خط مستقيم ، بينما تظهر خطوط الزوال على جانبيه على شكل اقواس تتجه ناحيته . وعند الاستعاضة عن تلك الخطوط المنحنية بخطوط مستقيمة موازية لخط الزوال الاوسط ، فان تلك الخطوط المتوازية تسمى بالشماليات الاحداثية أو التسامتية . ويتضح من ذلك أن هناك فروقا زاوية بين خطوط الشمال الاحداثى وخط الشمال الجغرافى الذى يمثله خط الزوال الاوسط . وتعرف تلك الفروق بزاوية الاختلاف الاحداثى أو زاوية التقارب . وتزداد الفروق بالبعد عن خط الشمال الجغرافى شرقا أو غربا .

وينبغى ألا تزيد زاوية التقارب على الخريطة عن درجة واحدة ، والا أصبحت الاتجاهات المقاسة من خطوط الشمال الاحداثى غير دقيقة . ويمكن حساب مقدار تلك الزاوية بالمعادلة الآتية :

$$\varphi = \lambda - \lambda' \text{ حيث}$$

$$\varphi = \text{زاوية التقارب} .$$

$$\varphi = \text{درجة عرض المكان}$$

$\lambda =$ درجة طول المكان

$\lambda =$ درجة طول خط الزوال الاوسط

فاذا كان درجة طول خط الزوال الاوسط فى خريطة ما 30° شرقا ،
والاحداثى الجغرافى لمكان ما على تلك الخريطة = 30° شمالا ، 31° شرقا ،
فان زاوية التقارب عند هذا المكان =

ت = جا 30° ($31^\circ - 30^\circ$)

= $0.5 \times 1 = 0.5$ أى 30° دقيقة (شرقا)

واذا كان الاحداثى الجغرافى لموقع ما على نفس الخريطة هو 30° شمالا ، 28° شرقا فان :

ت = جا 30° ($28^\circ - 30^\circ$)

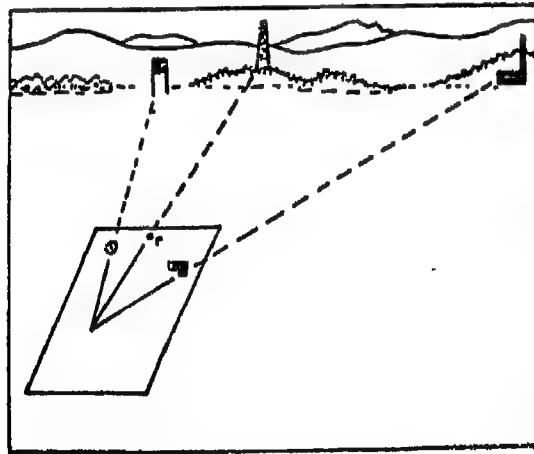
= $0.5 \times 2 = 1$ (غربا)

واذا كانت درجة التقارب شرقا ، أى خط احداثى المكان يقع الى الشرق من اتجاه الشمال الجغرافى ، فان الانحرافات الاحداثية المقاسة على الخريطة من ذلك المكان يجب تصحيحها حتى تصبح انحرافات جغرافية . وذلك باضافة قيمة زاوية التقارب للانحرافات الاحداثية للنقط الواقعة الى الشرق من خط احداثى المكان ، وطرحها للنقط الواقعة الى الغرب منه . والعكس صحيح اذا كانت زاوية التقارب غربا ، أى أن خط احداثى المكان يقع الى الغرب فى اتجاه الشمال الجغرافى ، فتطرح قيمة زاوية التقارب عند التصحيح من الانحرافات الاحداثية للمواقع التى تقع الى الشرق من خط الاحداثى المار بالمكان ، وتضاف لانحرافات المواقع الواقعة الى الغرب منه .

توجيه الخريطة :

يقصد بتوجيه الخريطة وضعها بحيث تنطبق الظاهرات الموجودة على الطبيعة فى اتجاهاتها على مثلتها على الخريطة والتى صغرت بمقياس رسم مناسب . وفى هذه الحالة يلاحظ أن شمال الخريطة ينطبق على نظيره فى الطبيعة .

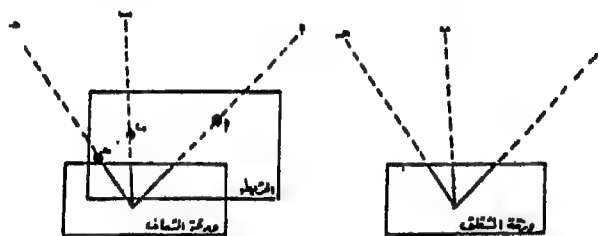
وإذا عرف أن الخريطة هي أداة الجغرافى ووسيلته فى عمله منها يتعرف على الظواهر المختلفة وعليها يوقع ما يراه من ظواهر غير مسجلة عليها ، ففى كلتا الحالتين التعرف أو التوقيع يلزم أولا أن يعرف موقعه ويحدد مكانه على كل من الطبيعة والخريطة ، ثم يوجه الخريطة توجيهها سليما ، وعندئذ يستطيع أن يؤدي عمله على أكمل وجه . ويحتاج الجغرافى لانجاز هذا العمل الى مبطرة وبعض الدبابيس ولوحة خشبية صغيرة وورقة شفاف وقلم رصاص ، وإن أمكن بوصلة . ولتحديد المكان على الخريطة ينبغى أن يتجول فى المنطقة ويلاحظ معالمها الرئيسية من طرق ومجارى مائية وتلال وأحواض زراعية وخطوط تلغراف وتليفون وأبراج كهرباء ، ويتحقق من أن كل هذه المعالم التى شاهدها مسجلة فعلا على الخريطة أو على الأقل عدة ظاهرات منها . ويفضل فى هذه الحالة الوقوف فوق مرتفع لمطابقة الطبيعة على الخريطة . ويتم توجيه الخريطة بتحريكها حتى يتطابق ما عليها من ظاهرات على نظائرها على الطبيعة بدلالة تقاطع الطرق أو بظاهرة ثابتة كبرج مثلا وطريق أو موازاة خط أعمدة تليفون وتلغراف (شكل ١٦٧) . وإذا كان فى موقع معلوم على الخريطة ، ويريد توجيهها



شكل رقم (١٦٧)

توجيهها سليما ، فيجب البحث عن ظاهرة ثابتة ، ثم يضع الخريطة فوق لوحة خشبية مسقوية ويغرس دبوس فى النقطة المعلومة على الخريطة والتى

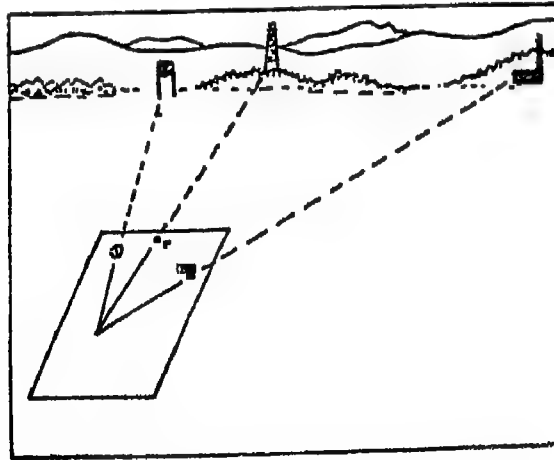
يقف فوقها ، ويضع حافة المسطرة بحيث تماس هذا الدبوس وتمر بالظاهرة الثابتة الموجودة على الخريطة والتي يراها أمامه على الطبيعة . ثم يحرك الخريطة كلها فوق اللوحة الخشبية وبطبيعة الحال سوف تتحرك فى مستوى افقى دائرى مركزه الدبوس حتى يرى حافة المسطرة تشير الى موقع الظاهرة على الطبيعة وبذلك تكون الخريطة قد وجهت توجيهها سليما . ويمكن تثبيت دبوسين تثبيتا عموديا على الخريطة أحدهما فى النقطة المعلومة التى يقف فوقها والآخر فى موقع الظاهرة الثابتة الموجودة على الخريطة والتي يراها أمامه فى الطبيعة ، وعندئذ تحرك اللوحة الخشبية كلها بالخريطة المثبتة فوقها حتى يمر خط النظر الذى يحدده الدبوسان بالظاهرة الثابتة ، فتكون الخريطة موجهة توجيهها سليما (شكل ١٦٨) .



شكل رقم (١٦٨)

تحديد المواقع على الخريطة : اذا كان موقع الراصد غير معروف على الخريطة ويراد تحديده ، فبعد توجيه الخريطة توجيهها صحيحا على النحو المتقدم - يحسن تثبيتها على لوحة خشبية مستوية - يتم التعرف على ظاهرتين ثابتتين على الطبيعة وموقعهما على الخريطة ، ويفضل اختيار هاتين الظاهرتين على مسافتين مناسبتين . وبواسطة مسطرة يرسم خطا على الخريطة يسير فى اتجاه الظاهرة الاولى وما تمثله على الخريطة ، وكذلك بالنسبة للظاهرة الثانية . وبمد الخطين على استقامتهما الى الخلف ، يتقاطعا فى نقطة تكون هى الموقع الذى يقف فوقه تماما الراصد . ويمكن تحديد المكان بصورة اكثر دقة وذلك بالبحث عن ثلاث ظاهرات على الطبيعة وموجودة على الخريطة . يرسم على ورقة شفاف اشعة من

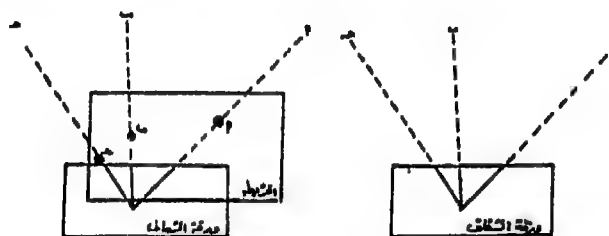
واذا عرف أن الخريطة هي أداة الجغرافى ووسيلته فى عمله منها يتعرف على الظواهر المختلفة وعليها يوقع ما يراه من ظواهر غير مسجلة عليها ، ففى كلتا الحالتين التعرف أو التوقيع يلزم أولا أن يعرف موقعه ويحدد مكانه على كل من الطبيعة والخريطة ، ثم يوجه الخريطة توجيهها سليما ، وعندئذ يستطيع أن يؤدي عمله على أكمل وجه . ويحتاج الجغرافى لانجاز هذا العمل الى مبطرة وبعض الدبابيس ولوحة خشبية صغيرة وورقة شفاف وقلم رصاص ، وان أمكن بوصلة . ولتحديد المكان على الخريطة ينبغى أن يتجول فى المنطقة ويلاحظ معالمها الرئيسية من طرق ومجارى مائية وتلال وأحواض زراعية وخطوط تلغراف وتليفون وأبراج كهرباء ، وبتحقيق من أن كل هذه المعالم التى شاهدها مسجلة فعلا على الخريطة أو على الأقل عدة ظاهرات منها . ويفضل فى هذه الحالة الوقوف فوق مرتفع لمطابقة الطبيعة على الخريطة . ويتم توجيه الخريطة بتحريكها حتى يتطابق ما عليها من ظاهرات على نظائرها على الطبيعة بدلالة تقاطع الطرق أو بظاهرة ثابتة كبرج مثلا وطريق أو موازاة خط أعمدة تليفون وتلغراف (شكل ١٦٧) . وإذا كان فى موقع معلوم على الخريطة ، ويريد توجيهها



شكل رقم (١٦٧)

توجيهها سليما ، فيجب البحث عن ظاهرة ثابتة ، ثم يضع الخريطة فوق لوحة خشبية مستوية ويغرس دبوس فى النقطة المعلومة على الخريطة والتى

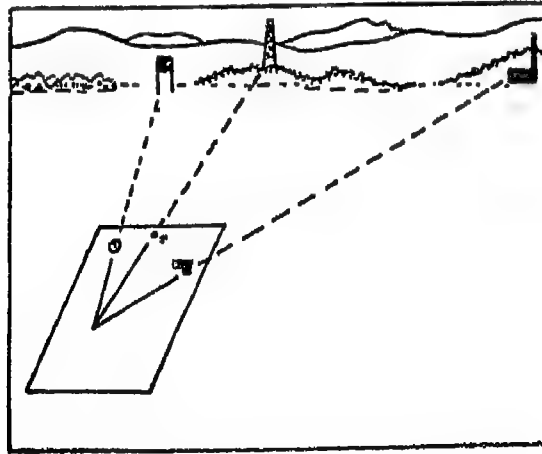
يقف فوقها ، ويضع حافة المسطرة بحيث تماس هذا الدبوس وتتمر بالظاهرة الثابتة الموجودة على الخريطة والتي يراها أمامه على الطبيعة . ثم يحرك الخريطة كلها فوق اللوحة الخشبية وبطبيعة الحال سوف تتحرك فى مستوى أفقى دائرى مركزه الدبوس حتى يرى حافة المسطرة تشير الى موقع الظاهرة على الطبيعة وبذلك تكون الخريطة قد وجهت توجيهها سليما . ويمكن تثبيت دبوسين تثبيتا عموديا على الخريطة أحدهما فى النقطة المعلومة التى يقف فوقها والآخر فى موقع الظاهرة الثابتة الموجودة على الخريطة والتي يراها أمامه فى الطبيعة ، وعندئذ تحرك اللوحة الخشبية كلها بالخريطة المثبتة فوقها حتى يمر خط النظر الذى يحدده الدبوسان بالظاهرة الثابتة ، فتكون الخريطة موجهة توجيهها سليما (شكل ١٦٨) .



شكل رقم (١٦٨)

تحديد المواقع على الخريطة : اذا كان موقع الراصد غير معروف على الخريطة ويراد تحديده ، فبعد توجيه الخريطة توجيهها صحيحا على النحو المتقدم - يحسن تثبيتها على لوحة خشبية مستوية - يتم التعرف على ظاهرتين ثابتتين على الطبيعة وموقعهما على الخريطة ، ويفضل اختيار هاتين الظاهرتين على مسافتين مناسبتين . وبواسطة مسطرة يرسم خطا على الخريطة يسير فى اتجاه الظاهرة الاولى وما تمثله على الخريطة ، وكذلك بالنسبة للظاهرة الثانية . وبمد الخطين على استقامتهما الى الخلف ، يتقاطعا فى نقطة تكون هى الموقع الذى يقف فوقه تماما الراصد . ويمكن تحديد المكان بصورة أكثر دقة وذلك بالبحث عن ثلاث ظاهرات على الطبيعة وموجودة على الخريطة . يرسم على ورقة شفاف أشعة من

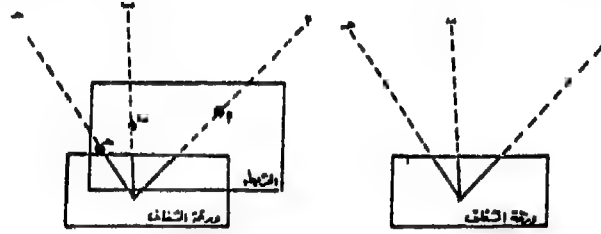
واذا عرف ان الخريطة هي أداة الجغرافى ووسيلته فى عمله منها يتعرف على الظواهر المختلفة وعليها يوقع ما يراه من ظواهر غير مسجلة عليها ، ففى كلتا الحالتين التعرف او التوقيع يلزم أولا أن يعرف موقعه ويحدد مكانه على كل من الطبيعة والخريطة ، ثم يوجه الخريطة توجيهها سليما ، وعندئذ يستطيع أن يؤدى عمله على أكمل وجه . ويحتاج الجغرافى لانجاز هذا العمل الى مبطرة وبعض الدبابيس ولوحة خشبية صغيرة وورقة شفاف وقلم رصاص ، وان أمكن بوصلة . ولتحديد المكان على الخريطة ينبغى أن يتجول فى المنطقة ويلاحظ معالمها الرئيسية من طرق ومجارى مائية وتلال وأحواض زراعية وخطوط تلغراف وتليفون وأبراج كهرباء ، ويتحقق من أن كل هذه المعالم التى شاهدها مسجلة فعلا على الخريطة أو على الأقل عدة ظاهرات منها . ويفضل فى هذه الحالة الوقوف فوق مرتفع لمطابقة الطبيعة على الخريطة . ويتم توجيه الخريطة بتحريكها حتى يتطابق ما عليها من ظاهرات على نظائرها على الطبيعة بدلالة تقاطع الطرق أو بظاهرة ثابتة كبرج مثلا وطريق أو موازاة خط أعمدة تليفون وتلغراف (شكل ١٦٧) . وإذا كان فى موقع معلوم على الخريطة ، ويريد توجيهها



شكل رقم (١٦٧)

توجيهها سليما ، فيجب البحث عن ظاهرة ثابتة ، ثم يضع الخريطة فوق لوحة خشبية مستوية ويغرس دبوس فى النقطة المعلومة على الخريطة والتى

يقف فوقها ، ويضع حافة المسطرة بحيث تمس هذا الدبوس وتمر بالظاهرة الثابتة الموجودة على الخريطة والتي يراها أمامه على الطبيعة . ثم يحرك الخريطة كلها فوق اللوحة الخشبية وبطبيعة الحال سوف تتحرك فى مستوى أفقى دائرى مركزه الدبوس حتى يرى حافة المسطرة تشير الى موقع الظاهرة على الطبيعة وبذلك تكون الخريطة قد وجهت توجيهها سليما . ويمكن تثبيت دبوسين تثبيتا عموديا على الخريطة أحدهما فى النقطة المعلومة التى يقف فوقها والآخر فى موقع الظاهرة الثابتة الموجودة على الخريطة والتي يراها أمامه فى الطبيعة ، وعندئذ تحرك اللوحة الخشبية كلها بالخريطة المثبتة فوقها حتى يمر خط النظر الذى يحدده الدبوسان بالظاهرة الثابتة ، فتكون الخريطة موجهة توجيهها سليما (شكل ١٦٨) .



شكل رقم (١٦٨)

تحديد المواقع على الخريطة : اذا كان موقع الراصد غير معروف على الخريطة ويراد تحديده ، فبعد توجيه الخريطة توجيهها صحيحا على النحو المتقدم - يحسن تثبيتها على لوحة خشبية مستوية - يتم التعرف على ظاهرتين ثابتتين على الطبيعة وموقعهما على الخريطة ، ويفضل اختيار هاتين الظاهرتين على مسافتين مناسبتين . وبواسطة مسطرة يرسم خطا على الخريطة يسير فى اتجاه الظاهرة الاولى وما تمثله على الخريطة ، وكذلك بالنسبة للظاهرة الثانية . وبمد الخطين على استقامتهما الى الخلف ، يتقاطعا فى نقطة تكون هى الموقع الذى يقف فوقه تماما الراصد . ويمكن تحديد المكان بصورة أكثر دقة وذلك بالبحث عن ثلاث ظاهرات على الطبيعة وموجودة على الخريطة . يرسم على ورقة شفاف أشعة من

مكن الراصد الى النقط الثلاث بواسطة الاليداد : شعاع الى الظاهرة الاولى
وشعاع الى الثانية والاخيرة الى الثالثة . توضع ورقة الشفاف بالاشعة
المرسومة عليها فوق الخريطة بحيث يمر كل شعاع بالظاهرة الخاصة به ،
فتكون نقطة تلاقى الاشعة هي نقطة المكان (شكل ١٦٨) .

الفصل الرابع عشر

نظام الاحداثيات على الخرائط

إذا اريد تحديد موقع نقطة ما على صفحة من الورق ، او خريطة ، فكل ما نستطيع قوله هو أن هذه النقطة تقع بالقرب من الزاوية العليا اليمنى أو فى المنتصف أو فى أسفل الخريطة الى اليسار قليلا . وهذه الاجابة ليست دقيقة ولا علمية . ولكن اذا قسمنا الصفحة أو الخريطة الى مربعات صغيرة ، أمكن معرفة موقع النقطة بدقة وذلك بان نعد المربعات وأجزائها التى بينها وبين حافتين متجاورتين . وجرت العادة على أن تكون هاتان الحافتان هما اليسرى والسفلى . وعلى ذلك نستطيع أن نقول أن هذه النقطة تقع على بعد ٣ر٤ سم من حافتها اليسرى ، ٣ر٨ سم من حافتها السفلى ، والحافة اليسرى هى المحور الرأسى (محور الصادات) والحافة السفلى هى المحور الأفقى (محور السينات) . أى أن بعد النقط قد تحدد بالنسبة للمحورين ص ، س . وواضح أن صفر التدرج لكلا المحورين هو نقطة التقائهما أى الركن الجنوبى الغربى للورقة أو الخريطة ، وخطوط التقسيم التى قسمنا على أساسها الورقة أو الخريطة الى مربعات معلومة الطول أو أى مسافات تسمى خطوط الاحداثيات . وخطوط الاحداثيات الموازية للمحور الصادى والتى تقسم المحور السينى الى مسافات تسمى بخطوط الاحداثيات الأفقية أو الشرقية . وخطوط الاحداثيات الموازية للمحور السينى والتى تقسم المحور الصادى الى مسافات تسمى بخطوط الاحداثيات الرأسية أو الشمالية . وبذا فان احداثى أى نقطة هو عبارة عن بعدها من نقطة الصفر فى الاتجاهين الشمالى والشرقى .

وتتبع كثير من الدول هذا النظام الاحداثى عند تحديد أو توقيع النقط والمواقع ، فتختار نقطة فى الجنوب الغربى من الدولة ، تبدأ من عندها

هذا النظام الاحداثى . وتسمى هذه النقطة نقطة الاصل ، يبدأ منها خط احداثى راسى وآخر افقى تنحصر الدولة بينهما . ويستطيع الدارسون والباحثون وذوى الاختصاصات الاخرى المهتمين بتحديد المواقع من تحديد النقط المختلفة . وتسمى شبكة الخطوط الرأسية (الشرقية) والافقية (الشمالية) بنظام الاحداثيات ، ولكل دولة نقطة أصل ونظام احداثيات معين . فمثلا نقطة الاصل فى النظام المصرى هى جبل عوينات ، ونقطة الاصل فى النظام الانجليزى هى نقطة الـ Land's end فى مقاطعة كورنوال ونقطة الاصل فى النظام الفرنسى هى نقطة تقاطع خط طول باريس مع دائرة الاستواء ، وهناك دول أخرى تتخذ نقطة الاصل فى الشمال الغربى مثل سويسرا ، فنقطة الاصل تبعد عن بيرن بمقدار ٦٠٠ كم احداثى غربا، ٢٠٠ كم احداثى شمالا . أى أن الدولة تقع فى الجنوب الشرقى بالنسبة للاحداثيين الافقى والرأسى .

نظام الاحداثيات فى الخرائط الطبوغرافية المصرية

اولا - الخرائط الطبوغرافية مقياس ١ : ١٠٠,٠٠٠ :

تصدر مصر خرائط طبوغرافية مقياس ١ : ١٠٠,٠٠٠ على شكل لوحات كل لوحة منها تمثل منطقة أبعادها ٤٠ × ٦٠ كم ، تمتد من الجنوب الى الشمال مسافة ٤٠ كم ، ومن الغرب الى الشرق مسافة ٦٠ كم ، أى أن أبعاد اللوحة ٤٠ × ٦٠ سم . وتنسب كل لوحة من هذه اللوحات الى نقطة تقع على السفوح الشمالية الشرقية من جبل عوينات عند التقاء الحدود الغربية مع الحدود الجنوبية فى جنوب غرب مصر . وتسمى هذه النقطة نقطة الاصل ، ويبدأ ترتيب اللوحات منها شمالا وشرقا . ويذكر احداثى كل لوحة (وهو بعد ركنها الجنوبى الغربى عن نقطة الاصل فى الاتجاهين الشمالى والشرقى) مقدرا بعشرات الكيلومترات . ويكتب هذا الاحداثى على شكل كسر اعتيادى بسطه الاحداثى الشمالى ومقامه الاحداثى الشرقى $\frac{\text{شماليات}}{\text{شرقيات}}$

واللوحة الاولى احداثيها $\frac{\text{صفر}}{\text{صفر}}$ لأن ركنها الجنوبى الغربى ينطبق

تماما على نقطة ، واحداثيات اللوحة التالية لها شمالا $\frac{4}{\text{صفر}}$ لأن الركن الجنوبي الغربى لها يبتعد شمالا عن نقطة الاصل بمقدار ٤٠ كم (امتداد اللوحة السابقة) . وهذا الرقم يذكر بعشرات الكيلومترات ، وعلى هذا فاحداثيتها الشمالى = ٤ . أما الاحداثى الشرقى لها فمزال منطبقا على امتداد نقطة الاصل ، بمعنى أنه يبعد عنها بمقدار صفر شرقا . وهكذا تستمر احداثيات اللوحة التالية شمالا ، كل احداثى شمالى منها يزيد عن سابقه بمقدار ٤٠ كم . أما الاحداثى الشرقى فيظل باستمرار = صفرا . فاذا انتقلنا من اللوحة الأولى $\frac{\text{صفر}}{\text{صفر}}$ الى اللوحة التالية لها شرقا لاحظنا أن رقم اللوحة هو $\frac{\text{صفر}}{٦}$ ذلك لأن الركن الجنوبي الغربى لهذه اللوحة مزال منطبقا على الاحداثى الشمالى لنقطة الاصل ، ولذلك فهو = صفر . أما الاحداثى الشرقى للوحة فانه يبتعد عنها بمقدار ٦٠ كم . وبما أن الاحداثيات تذكر بعشرات الكيلومترات لذا فانه = ٦ ، وهكذا يصير احداثى اللوحة هو $\frac{\text{صفر}}{٦}$ وتستمر احداثيات اللوحات التالية شرقا كل احداثى شمالى منها = صفر أما الاحداثى الشرقى فيزيد عن سابقه بمقدار ٦٠ كم . وهكذا فى باقى اللوحات ، يذكر احداثيتها وهو عبارة عن البعد عن نقطة الاصل شمالا وشرقاً بعشرات الكيلومترات . وهذا يعنى أن الاحداثى الشمالى لآى لوحة يجب أن يقبل القسمة على ٤ (لأنه مضاعفات رقم ٤) والاحداثى الشرقى يقبل القسمة على ٦ (لأنه مضاعفات رقم ٦) .

وتقسم اللوحة الطبوغرافية الى أقسام متساوية على اطار الخريطة أو عبرها ، كل قسم يساوى ١٠ كم من الجنوب الى الشمال ومن الغرب الى الشرق . أى أن كل لوحة تضم ٢٤ مربعا عشر كيلو مترى . وفي بعض الطببعات القديمة ، يقسم المربع العشر كيلو مترى الى كيلو مترات ، أى أن كل مربع يشمل ١٠٠ مربع كيلو مترى ، أى أن كل لوحة تضم ٢٤٠٠ مربع كيلو مترى .

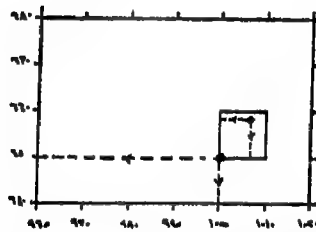
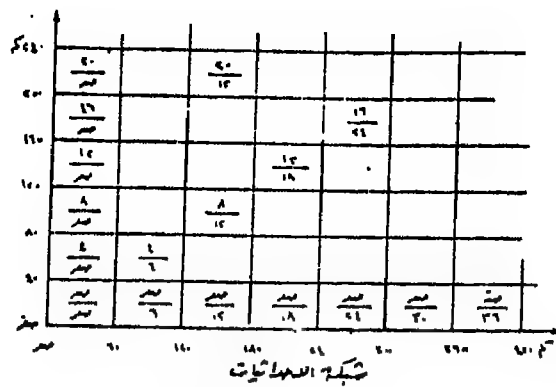
ولتحديد موقع مكان معلوم احداثياته كاملة ، نبدأ بان نحول هذا الاحداثى الكامل الى احداثى عشر كيلو مترى ، وهذا الرقم الجديد يبين

المربع العشر كيلو مترى فى اللوحة . ثم نحول الاحداثى الشمالى الى رقم يقبل القسمة على ٤ والاحداثى الشرقى الى رقم يقبل القسمة على ٦ بشرط ان يكونا سابقين لاحداثى المربع العشر كيلو مترى . ويمثل هذا الرقم الجديد احداثى اللوحة التى يقع فيها المكان . فمثلا اذا كان المكان س احداثيه الكامل $= \frac{٧١٤٦}{٨٥٣١}$ ، يكون احداثى المربع العشرى كيلو مترى هو

$\frac{٧١}{٩٥}$ ، واحداثى اللوحة هو $\frac{٦٨}{٩٠}$. بعد ذلك نستخرج اللوحة من الأطلس الطبوغرافى المعروف احداثيها الآن ، ونحدد عليها المربع العشر كيلو مترى اما برسم هذا المربع بالرصاص الخفيف على اللوحة أو قد يكون مرسوما أصلا كما هو الحال فى بعض الطبوعات القديمة كما ذكرنا ، ثم نحدد الاحداثى الكامل للموقع داخل هذا المربع وذلك بالنسبة للمضعلين الغربى والجنوبى للمربع العشر كيلو مترى بالسهم وأجزائه . ففى المثال السابق بعد أن نحدد المربع $\frac{٧١}{٩٥}$ أى $\frac{٧١٠}{٩٥٠}$ ، نقيس ابتداء من الركن الجنوبى الغربى لهذا المربع ٤٦ سم على الضلع الغربى فى اتجاه الشمال ونقيم عمودا من هذه النقطة الى داخل المربع ، ثم نقيس ٣١ سم على الضلع الجنوبى فى اتجاه الشرق ثم نقيم عمودا الى داخل المربع ، ونقطة تقاطع العمودين هى موقع المكان س .

ولكى نحدد احداثى أى موقع أو ظاهرة معينة غير معروف احداثيها، ننسب موقعها داخل اللوحة الى المربع العشر كيلو مترى ثم الى احداثى اللوحة نفسها ، وبالتالي نحصل على الاحداثى الكامل لهذا الموقع كما هو مبين فى الرسم (شكل ١٦٩) .

ويصدر أطلس مصر الطبوغرافى مقياس ١ : ١٠٠.٠٠٠ فى جزئين ملحق بهما مجلد يسمى فهرس المواقع والأمكنة الواردة بالأطلس . وفى هذا الفهرس مجموعة من الجداول تضم أسماء القرى والنواحي والمدن وبينات عنها من حيث المركز التابعة له والمحافضة ، والاحداثى الكامل ثم احداثى اللوحة ، وبهذا الشكل يمكن تحديد أى موقع .



شرفيات	مركزيات	طريق يمتد لخط العرض والخط الطول على الخريطة
٦٥	٨٧٤	١- خط العرض والخط الطول الممتد على الخريطة
٤٥	١	٢- خط العرض والخط الطول الممتد على الخريطة
٩٦	٦٤٠	٣- خط العرض والخط الطول الممتد على الخريطة
٦٥٨٤	١٥٦٥	٤- خط العرض والخط الطول الممتد على الخريطة

شكل رقم (١٦٩)

ثانيا - الخرائط الطبوغرافية مقياس ١ : ٢٥٠٠٠ :

وهي عبارة عن مجموعة من اللوحات تصدر في ٧ اجزاء ، ومساحة كل لوحة ٦٠ × ٤٠ سم ، أي تمثل ما مساحته ١٥ × ١٥ كم على الطبيعة . ١٠ كم من الجنوب الى الشمال ، ١٥ كم من الغرب الى الشرق . وترتب اللوحات من نفس نقطة الاصل وهي جبل عوينات . وعلى هذا فيلاحظ أن الفرق في احداثيات كل لوحة واللوحه السابقة لها ١٠ كم من الجنوب

الى الشمال ، ١٥ كم من الغرب الى الشرق . ويكتب احداثى كل لوحة على أساس أن الشمال يذكر بعشرات الكيلومترات والشرقى بالكيلومترات الكاملة الى اقرب خمسة كيلو متر . ومعنى هذا أن الاحداثى الشرقى يجب أن يقبل القسمة على ١٥ . فاذا كان لدينا موقع س مثلا احداثيه الكامل

$$\frac{٤٤٣١}{٧٥٨٧} \text{ فاحداثى اللوحة الخاصة به هو } \frac{٤٤}{٧٥٠} .$$

وتقسم اللوحة الى مربعات خمس كيلو مترية ، وهى بذلك تحتوى على ٦ مربعات كاملة . وفى الطبقات القديمة تقسم اللوحة الى مربعات كيلو مترية طول ضلعها ٤ سم على الخريطة ، وذلك لتسهيل عملية أو توقيع الاماكن .

ثالثا - خرائط مقياس ١ : ١٠٠.٠٠٠ : الطبعة الحديثة :

يقوم هذا الاطلس على النظام المليونى الحديث الذى اتفق عليه دوليا فى أوائل هذا القرن . وقد أصدرت مصر لوحات جغرافية بمقياس ١ : ١٠٠.٠٠٠ ر - تعرف بخريطة مصر المليونية - وعددها سبع لوحات هى : الاسكندرية - القاهرة ، الداخلة - أسوان - العوينات - وادى حلفا - مكة . وتمثل كل لوحة منطقة أبعادها أربع درجات عرضية × ست درجات طولية ، ولا يستخدم عليها خطوط احداثية وانما يوضح بها خطوط الزوال ودوائر العرض فقط . وتعتبر اللوحات المليونية أساس لانتاج خرائط بمقاييس رسم مختلفة بدءا من ١ : ٥٠٠.٠٠٠ الى ١ : ٢٥٠.٠٠٠ مرورا بـ ١ : ٢٥٠.٠٠٠ ، ١ : ١٠٠.٠٠٠ ، ١ : ٥٠.٠٠٠ .

ويقوم نظام ترقيم اللوحات مقياس ١ : مليون على ما يأتى :

أ - يمثل خطوط زوال ١٨٠° شرقا خط البداية للتقسيم فى اتجاه الشرق ، كما تمثل دائرة الاستواء خط الأساس للتقسيم شمالا وجنوبا . وأعطى لنصف الكرة الشمالى الحرف N وهى اختصار لكلمة North ولنصف الكرة الجنوبى الحرف S وهى اختصار لكلمة South .

ب - قسم خط زوال ١٨٠° الى أقسام طولها ٤° عرضية من دائرة

الاستواء شمالا حتى عرض ٨٠° جنوبا ، وجنوبا حتى عرض ٦٠° ، وهما الدائرتان العرضيتان اللتان تمثلان أقصى امتداد لليابس على سطح الأرض شمالا وجنوبا . وأعطى لكل قسم حرف من حروف الأبجدية الافرنجية يبدأ من A الى T شمالا ، ومن A الى O جنوبا .

ج - قسمت دائرة الاستواء وطولها ٣٦٠° الى اقسام طول كل قسم ٦° طولية يبدأ ترقيمها من خط زوال ١٨٠° فى اتجاه الشرق ، وأعطى لكل قسم رقم يبدأ من ١ الى ٦٠ . ونلاحظ أن خط زوال جرينتش يفصل بين القسم ٣٠ الى الغرب والقسم ٣١ الى الشرق منه .

د - تكونت على سطح الأرض شبكة من المستطيلات ، ولكل مستطيل حرف N أو S حسب موقعه بالنسبة لنصفى الكرة الأرضية ، ومن حرف A الى T شمالا أو من A الى O جنوبا حسب موقعه بالنسبة لدوائر العرض ، ويرقم من ١ الى ٦٠ حسب موقعه بالنسبة لخطوط الزوال ، بالإضافة الى اسم أشهر معلم جغرافى قد يكون مدينة أو جبل أو وادى . الخ . فمثلا مدينة الاسكندرية فى لوحة الاسكندرية ورقمها NH35 فالحرف N يدل على أنها شمال الاستواء ، والحرف H يدل على أن اللوحة تمتد بين دائرتى عرض ٢٨° ، ٣٢° ، والرقم ٣٥ يدل على أنها تقع بين خطى زوال ٢٤° ، ٣٠° شرق جرينتش (شكل ١٧٠) .

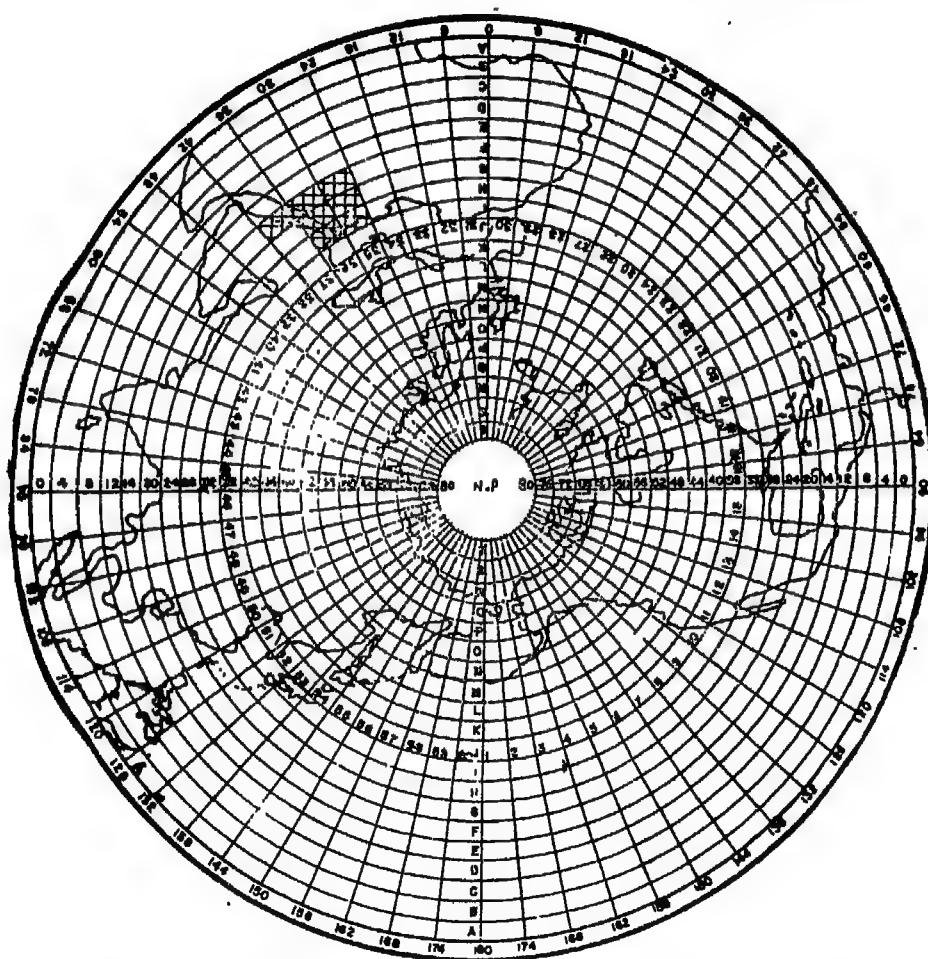
مقاييس خرائط النظام المليونى وأبعادها :

١ - خرائط ١ : ١٠٠٠٠٠٠٠ : ١ ، أبعادها ٦° طولية × ٤° عرضية وتشتمل على أربع لوحات مقاييس ١ : ٥٠٠٠٠٠ : ٢٤ لوحة مقياس ١ : ٢٥٠٠٠٠ : ٩٦ ، لوحة مقياس ١ : ١٠٠٠٠٠٠ .

٢ - خرائط ١ : ٥٠٠٠٠٠ : ٣ : أبعادها ٣° طولية × ٢° عرضية وتمثل ١/٤ الخريطة مقياس ١ : مليون . وقد أعطى لكل مربع رمز يدل عليه فالربع الشمالى الغربى NW والشمالى الشرقى NE والجنوبى الغربى SW والجنوبى الشرقى SE ، ويضاف هذان الحرفان الى رقم اللوحة المليونية فتضم لوحة الاسكندرية التى رقمها NH35 أربع لوحات ١ : ٥٠٠٠٠٠ .

أرقامها NH35 SE, NH35 SW, NH35 NE, NH35 NW وتشتمل اللوحة
مقياس ١ : ٥٠٠.٠٠٠ على ٦ لوحات مقياس ١ : ٢٥٠.٠٠٠ ، ٢٤ لوحة
مقياس ١ : ١٠٠.٠٠٠ .

٣ - خرائط ١ : ٢٥٠.٠٠٠ : أبعادها ١° طولية × ١° عرضية. وأساس
هذه الخرائط هو تقسيم الخريطة المليونية الى أقسام عرضية وعددها ٤
وأقسام طولية وعددها ٦ . ويعطى لكل قسم حرف أبجدي من A الى X
ويبدأ الترقيم من الركن الجنوبي الغربى وفى اتجاه الشرق .



مخطط شبكة احداثيات النظام المليونى UTM فى نصف الارض الشمالى
شكل رقم (١٧٠)

تعتبر خرائط المقاييس السابقة خرائط دولة مكتوبة باللغتين العربية والانجليزية وتذكر أسماء المواقع طبقا للنطق المحلى وبحروف افرنجية بجانب الاسم الاجنبى فمثلا تكتب القاهرة وبجانبها Alkahera, Cairo :

٤ - خرائط ١ : ١٠٠.٠٠٠ : أبعادها ٣٠ دقيقة طولية × ٣٠ دقيقة عرضية أى أن الخريطة مقياس ١ : ٢٥٠.٠٠٠ تحتوى على أربع لوحات من هذا المقياس . ويعطى لكل لوحة رقم من 1 الى 4 بالاضافة الى رقم لوحة ١ : ٢٥٠.٠٠٠ التى تضمها .

وقد تم تعديل أبعاد اللوحات فأصبحت ٤٠ دقيقة طولية من الغرب الى الشرق × ٣٠ دقيقة من الجنوب الى الشمال . وهذا يعنى أن كل خريطة مقياس ١ : ٢٥٠.٠٠٠ تضم ست لوحات مقياس ١ : ١٠٠.٠٠٠ . كما عدل نظام المسمى الاحداثى !! الخريطة فأصبحت تسمى بالاحداثى الفلكى للركن الجنوبى الغربى لها ، ويكتب على شكل كسر اعتيادى بسطه الاحداثى الشمالى ومقامه الاحداثى الشرقى . على سبيل المثال تمتد لوحة الاسكندرية بين درجتى عرض ٣١° ٠٠' ، ٣٠° ٣١' شمالا ، وبين درجتى طول ٢٩° ٤٠' ، ٣٠° ٢٠' شرقا ، ويذكر المسمى الاحداثى $\frac{٣١^{\circ} ٠٠'}{٢٩^{\circ} ٤٠'}$ ويكتب فى الركن الشمالى الغربى للوحة .

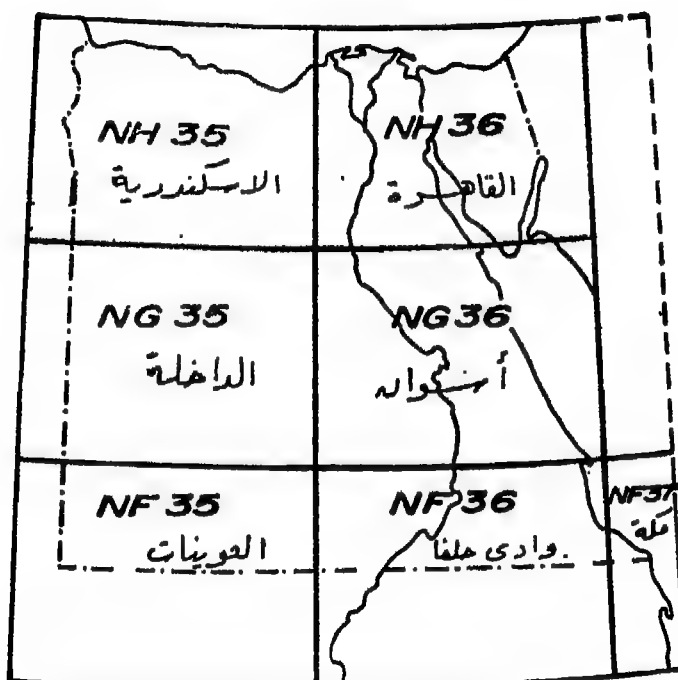
ويغطى أرض مصر ٣٠١ لوحة مقياس ١ : ١٠٠.٠٠٠ ، تم تنفيذ ١٩٧ لوحة منها تغطى الصحراء الشرقية وشبه جزيرة سيناء والوادى والدلتا والساحل الشمالى الغربى وشمال الصحراء الغربية حتى جنوب واحة سيوة ، بالاضافة الى واحات الفرافرة والداخلية والخارجية ودنقل وبرق السحاب ومنطق بير طوفاوى ، بير هـ فصف ، بير كسيبة ، ومناطق غرب ألدان ، برقة الشاب ، الشاب ، بير دبيس ، بير المساحة ، أما باقى الصحراء الغربية فلم تنشأ لها خرائط من هذا المقياس .

٥ - خرائط ١ : ٥٠.٠٠٠ : وأبعادها ١٥ طولية × ١٥ عرضية أى أن الخريطة ١ : ١٠٠.٠٠٠ قبل التعديل تضم ٤ لوحات من هذا المقياس . وقد اعطيت لكل لوحة حرف أبجدى صغير a, b, c, d فى ترتيب من الجنوب

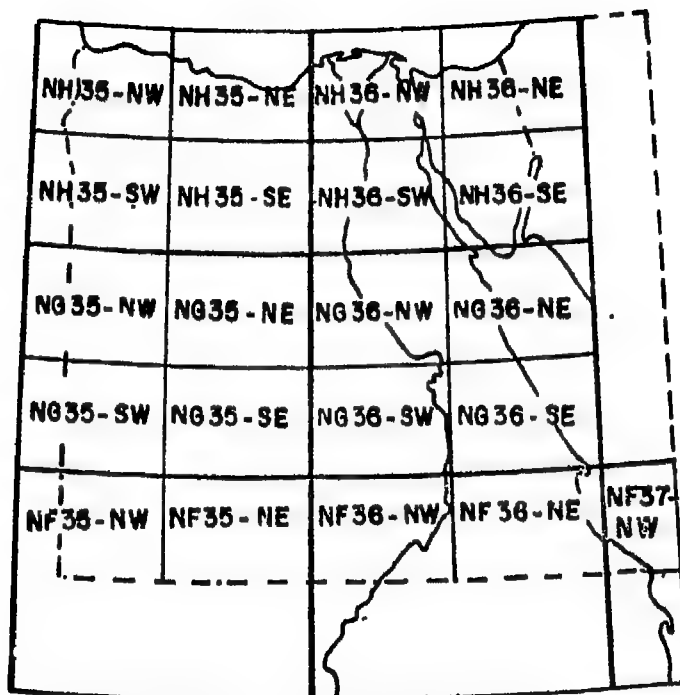
العربي وفي اتجاه الشرق . ويضاف هذا الحرف الى احداثى اللوحة مقياس
١ : ٥٠.٠٠٠ ر .

٦ - خرائط ١ : ٢٥٠.٠٠٠ وأبعادها ٧٠٣٠ طولية X ٧٠٣٠ عرضية،
أى أن الخريطة مقياس ١ : ٥٠.٠٠٠ تضم أربع لوحات مقياس ١ : ٢٥٠.٠٠٠
وتأخذ أرقاما صغيرة الحجم من 1 إلى 4 ، فى ترتيب من الجنوب الغربى
وفى اتجاه الشرق أيضا بالإضافة الى احداثى اللوحة ١ : ٥٠.٠٠٠ التى
تضمها .

ويبين (شكل ١٧١) تسلسل خرائط هذا النظام المليونى الحديث .

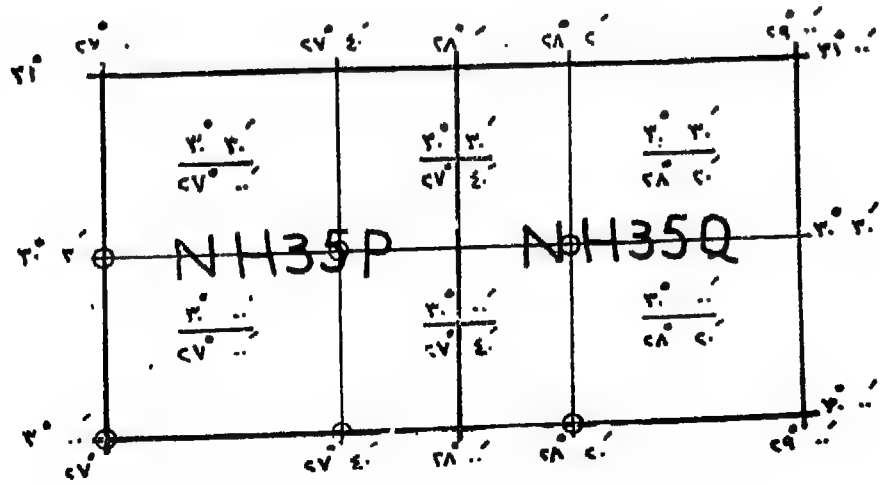
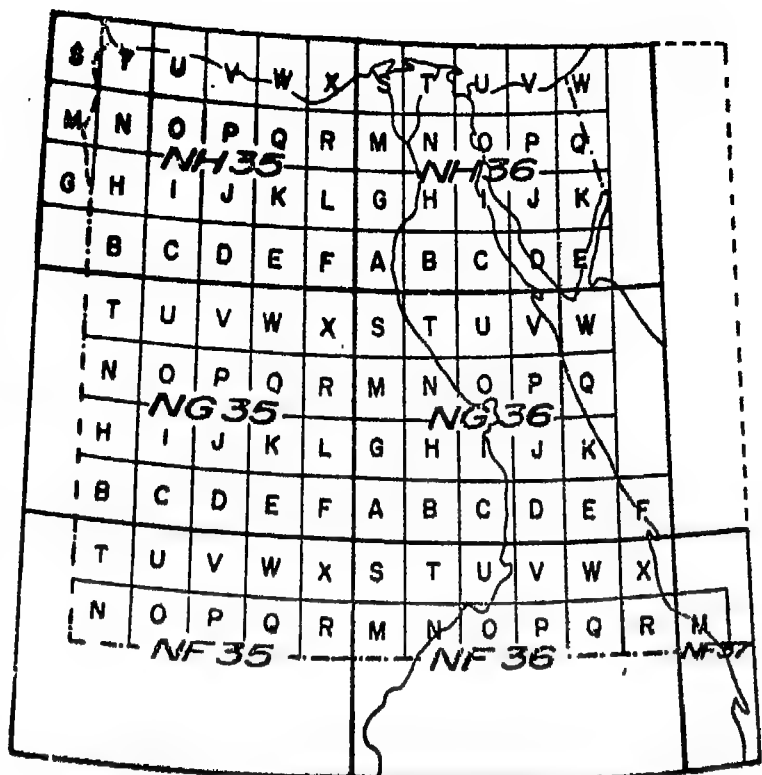


اللوحات الجغرافية مقياس ١ : مليون
التي تغطى الاراضى المصرية
شكل رقم (١٧١)

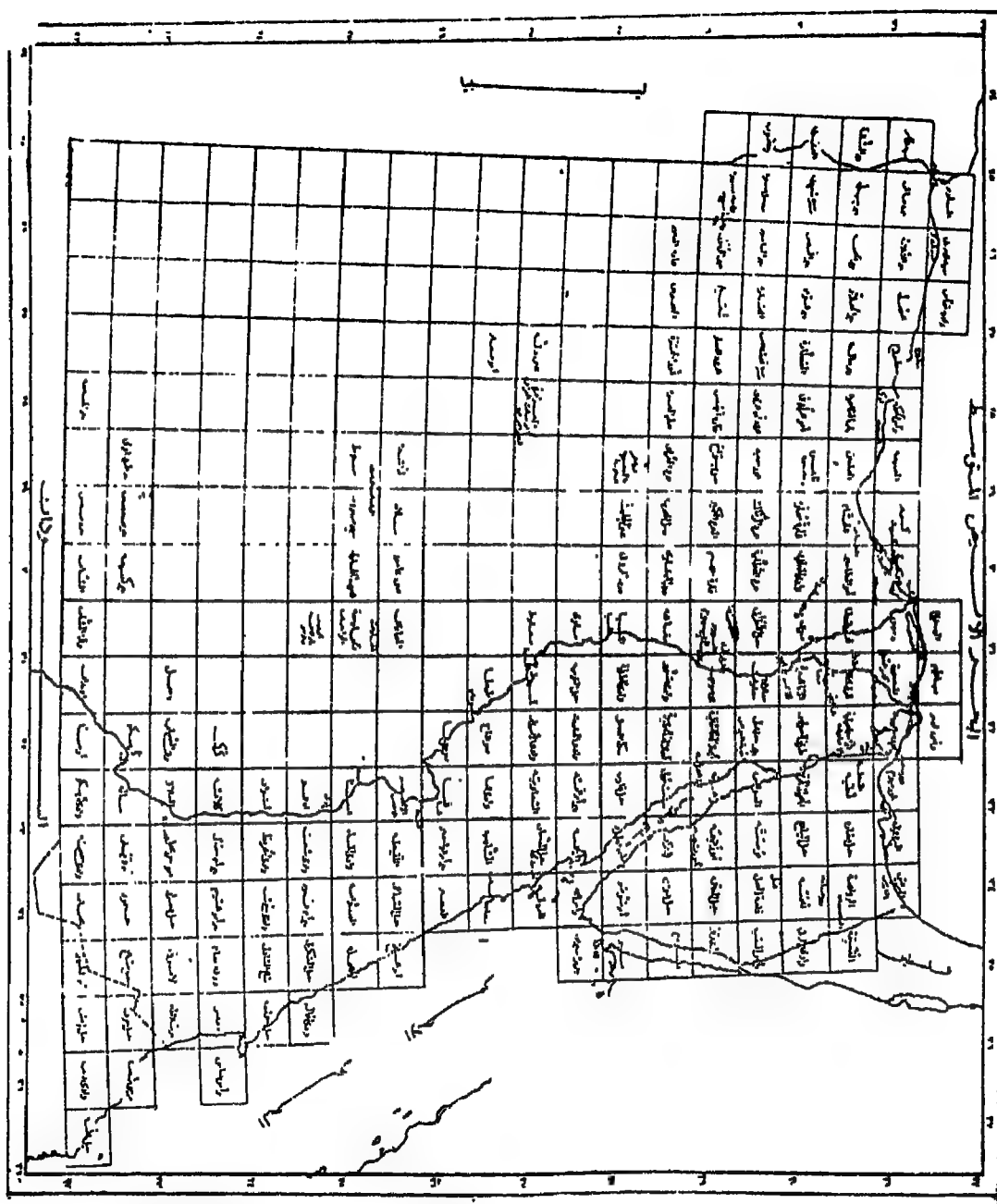


اللوحات الجغرافية مقياس ١ : ٥٠٠.٠٠٠ (نصف المليونية)
شكل رقم (١٧١ ب)

شكل رقم (١٧١ ج)
اللوحة الجغرافية ١ : ٢٥٠.٠٠٠ (ربع المليون)
التي تغطي الاراضى المصرية



اللوحة الطبوغرافية مقياس ١ : ١٠٠.٠٠٠ (٤٠ X ٣٠)
وعلاقتها باللوحة ١ : ٢٥٠.٠٠٠
شكل رقم (١٧١ د)



شكل رقم (١٧١ هـ) خريطة دليل مجموعة خرائط القطر المصري الطبوغرافية
الجديدة مقياس الرسم ١ : ١٠٠,٠٠٠ ر

وترتبط نقطة الأصل فى النظام الحديث بالاقسام الستين الطولية، فلكل قسم نقطة اصل خاصة به، ونقطة الأصل (الصفر) فى كل قسم هى نقطة تقاطع خط الزوال الأوسط به مع دائرة الاستواء. ويأخذ خط الزوال الأوسط القيمة الاحداثية ٥٠٠ كم، بينما تأخذ دائرة الاستواء القيمة الاحداثية صفر كم. ويعنى ذلك أن الاحداثيات الشمالية للمواقع داخل كل قسم تتزايد بالاتجاه نحو الشمال، وقيم الاحداثيات الشرقية تتزايد عن ٥٠٠ كم بالاتجاه نحو الشرق من خط الزوال الأوسط، وتتناقص عن ٥٠٠ بالاتجاه نحو الغرب.

يمتد القسم 35 على سبيل المثال (شكل ١٧٢) من خط زوال ٢٤° شرقا الى خط زوال ٣٠° شرقا، ونقطة الأصل به هى نقطة تقاطع خط الزوال الأوسط ٢٧° شرقا مع دائرة الاستواء. والاحداثى الشمالى لآى موقع فى هذا القسم تتزايد قيمته عن صفر كم، أما الاحداثى الشرقى للموقع فقيمته ٥٠٠ كم اذا كان واقعا على خط زوال ٢٧° شرقا، واكبر من ٥٠٠ كم اذا كان الى الشرق منه وحتى الحدود الشرقية للقسم أى حتى خط زوال ٣٠° شرقا. أما اذا كان المكان واقعا الى الغرب من خط زوال ٢٧° شرقا فقيمته تتناقص عن ٥٠٠ كم وحتى الحدود الغربية للقسم أى خط زوال ٢٤° شرقا.

ويذكر احداثى الموقع الى اقرب متر، فاحداثى قلعة البرج بأبى قير مثلا هو ٨١٠ر٣٤٦٧ كم شمالا، ٥٢٦٦٦٥ كم شرقا، أى أن قلعة البرج تبعد عن دائرة الاستواء بمقدار ٣٤٦٧ كيلو مترا، ٨١٠ مترا شمالا، وعن خط الزوال الأوسط بمقدار ٢٦ كيلو مترا، ٦٦٥ مترا شرقا. ويكتب الاحداثى الشرقى على اليسار وعلى يمينه الاحداثى الشمالى 526.665/3467.810.

التابعة لوزارة الشؤون البلدية والقروية . وتتجه النية فى الوقت الحاضر لقصر انتاج خرائط المملكة على ادارة المساحة العسكرية التابعة لوزارة الدفاع والطيران . ولكن مازالت تتداول الخرائط التى انتجتها كل جهة فى المجال الخاص بها . ويختلف نظام الاحداثيات المتبع فى خرائط وكالة تخطيط المدن عن النظام المتبع فى خرائط ادارة المساحة الجوية الذى اعتمدته ادارة المساحة العسكرية ، الا انهما ينطلقان من أساس واحد هو النظام المليونى الحديث .

تمتد المملكة العربية السعودية بين دائرتى عرض 16° ، 32° شمالا ، وبين خطى زوال 36° ، 56° شرقا . وتغطى اراضيها ثلاث لوحات جغرافية كاملة من مقياس ١ : مليون أبعاد اللوحة الواحدة ٦ درجات طولية $4^{\circ} \times$ ٤ درجات عرضية هى : NG 38, NG37, NF 38 ، بالإضافة الى ست لوحات تغطى كل واحدة أكثر من نصف المساحة $6^{\circ} \times 4^{\circ}$ وهى : NH 37, NG 39, NF39, NF 37, NE39, NE 38 ، وسبع لوحات تغطى أقل من النصف هى :

NE37 NH 39, NH 38, NH 36, NG 36, NF 40, NE 40,

أولا - نظام الاحداثيات فى خرائط ادارة المساحة الجوية :

١ - خرائط جغرافية مقياس ١ : ٥٠٠.٠٠٠ : تضم كل لوحة جغرافية مقباس ١ : مليون أربع لوحات جغرافية مقياس ١ : ٥٠٠.٠٠٠ أبعاد كل لوحة ٣ درجات طولية $3^{\circ} \times$ درجتين عرضيتين . وتسمى كل لوحة باسم الربع الخاص بها فاللوحة الشمالية الشرقية NE والجنوبية الشرقية SE والجنوبية الغربية SW والشمالية الغربية NW ، ويضاف اليها اسم اللوحة المليونية مثل اللوحة NG385E التى بها مدينة الرياض . ويبلغ عدد اللوحات التى تغطى المملكة من هذا المقياس ٤٥ لوحة .

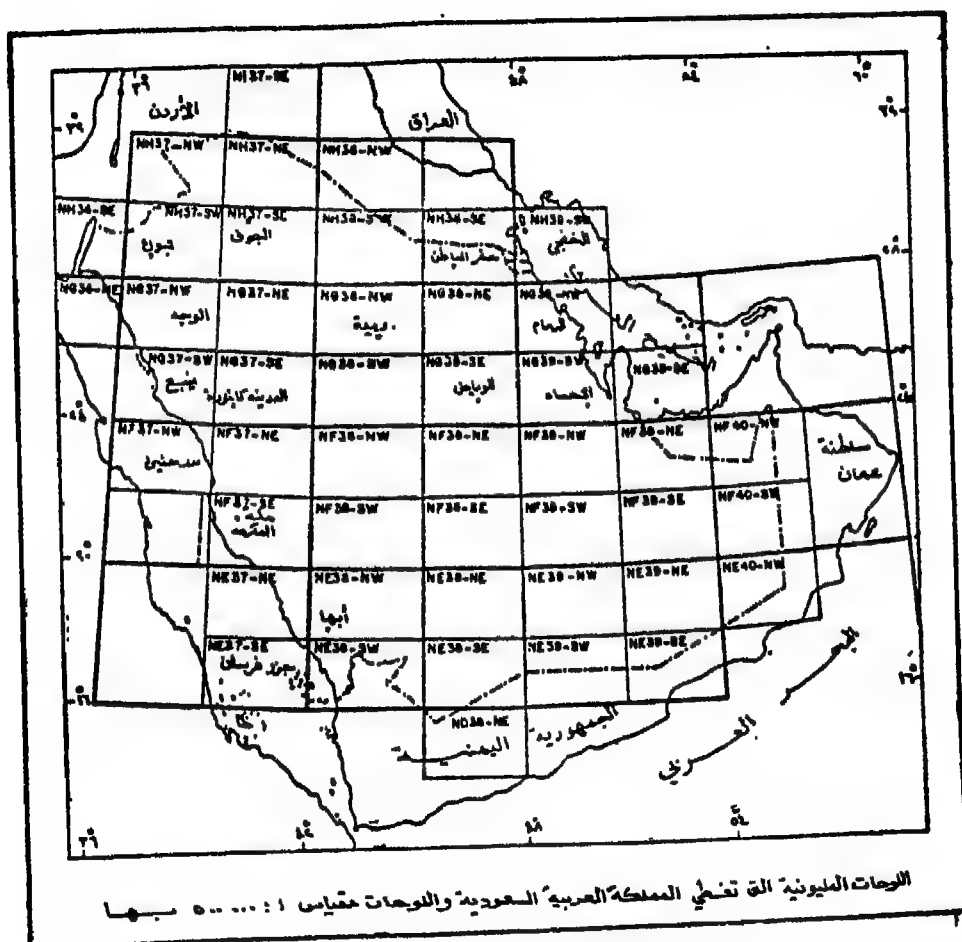
٢ - خرائط جغرافية مقياس ١ : ٢٥٠.٠٠٠ : وتضم كل لوحة جغرافية مقباس ١ : مليون ست عشرة لوحة جغرافية مقياس ١ : ٢٥٠.٠٠٠ أبعاد كل لوحة $3^{\circ} 30' \times 1^{\circ} 00'$ عرضية ، وترقم اللوحات من 1 الى 16 وذلك بالترتيب من الركن الشمالى الغربى للوحة المليونية ومن الغرب

الى الشرق ، ويضاف هذا الرقم الى احدثى اللوحة المليونية . ويتسكون
الاحداثى الكامل للوحة من احدثى اللوحة المليونية وعلى يمينه رقم اللوحة
ربع المليونية . وتسمى اللوحة التى بها مدينة الرياض مثلا NG38-16
ويبلغ عدد اللوحات التى تغطى المملكة من هذا المقياس ١٤٠ لوحة .

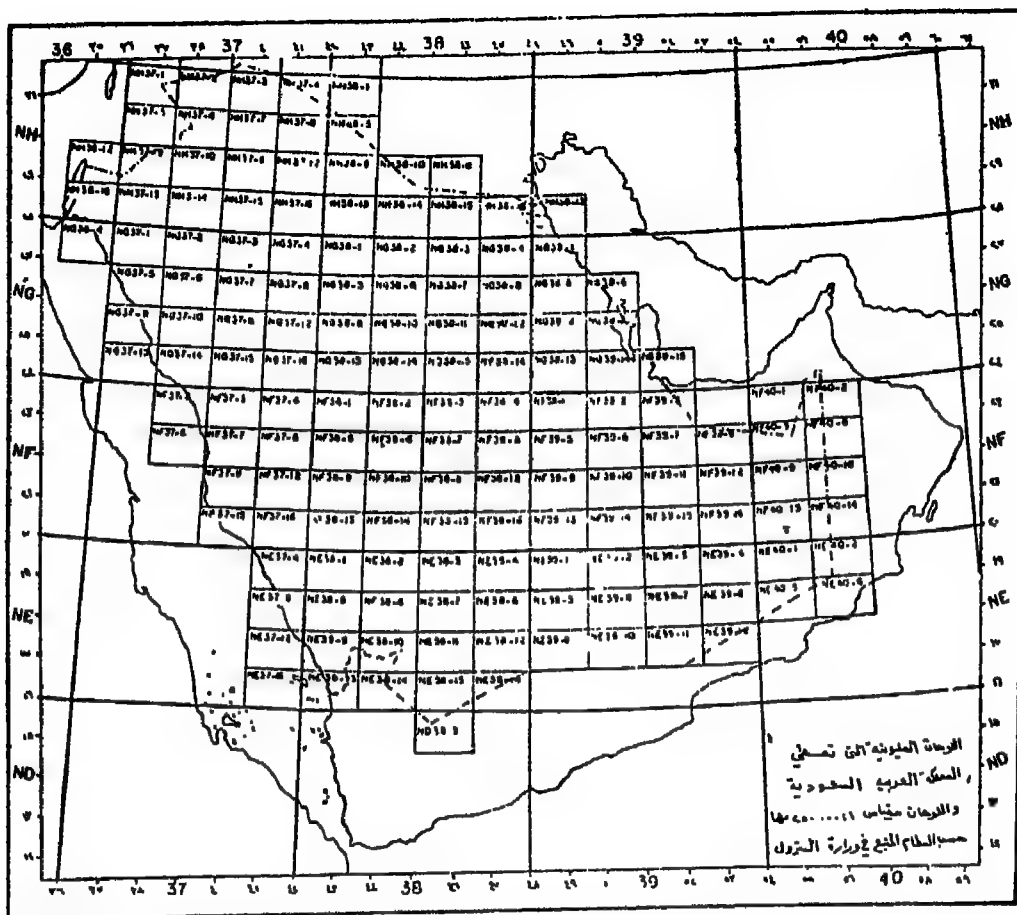
٣ - الخرائط الطبوغرافية مقياس ١ : ١٠٠ر٠٠٠ : لم تنتج خرائط
طبوغرافية من هذا المقياس بالمملكة الا لمنطقة الربع الخالى ، وعدد اللوحات
التى تغطيه ١٦٠ لوحة . الا ان فهمها فى تسلسل الخرائط خطوة لابد منها
لمعرفة التسلسل الاحداثى للخرائط الطبوغرافية ١ : ٥٠ر٠٠٠ . وليس هناك
علاقة بين احداثيات اللوحات الجغرافية السابقة من مقياس ١ : مليون ،
١ : ٥٠٠ر٠٠٠ ، ١ : ٢٥٠ر٠٠٠ وبين احداثيات اللوحات الطبوغرافية
مقياس ١ : ١٠٠ر٠٠٠ . فأبعاد اللوحة الطبوغرافية مقياس ١ : ١٠٠ر٠٠٠
هو ٣٠ طولية × ٣٠ عرضية ، وأساس المسمى الاحداثى لها هو الاحداثى
الجغرافى للركن الجنوبى الغربى للمربع ١ طولية × ١ عرضية التى هى
جزء منه . ويقسم هذا المربع الى أربعة أقسام من 1 الى 4 بالترتيب من
الربع الشمالى الشرقى وفى اتجاه حركة عقارب الساعة . ويضاف هذا الرقم
الى الاحداثيات الجغرافية للركن الجنوبى الغربى للمربع ١ × ١ للحصول
على الاحداثى الكامل للوحة . فمثلا تقع مدينة الرياض فى المربع ١ × ١
الذى احداثياته ٢٤ شمالا ، ٦٦ شرقا ، ويكتب 4624-2 أى درجة الطول
على اليسار وعلى يمينها درجة العرض - وفى الربع الثانى أى الجنوبى
للغربى ، وعليه فان الاحداثى الكامل للوحة الطبوغرافية مقياس ١ :
١٠٠ر٠٠٠ والتى بها مدينة الرياض هو 4624-2 .

٤ - الخرائط الطبوغرافية مقياس ١ : ٥٠ر٠٠٠ : أبعاد اللوحة
١٥ طولية × ١٥ عرضية . وأساس المسمى الاحداثى لكل لوحة هو تقسيم
اللوحة الطبوغرافية مقياس ١ : ١٠٠ر٠٠٠ الى أربعة أقسام ترقيم من 1 الى 4
بالترتيب من الربع الشمالى الشرقى وفى اتجاه حركة عقارب الساعة ،
ويضاف هذا الرقم الى احدثى اللوحة ١ : ١٠٠ر٠٠٠ للحصول على
الاحداثى الكامل للوحة ١ : ٥٠ر٠٠٠ . فمثلا الاحداثى الكامل للوحة

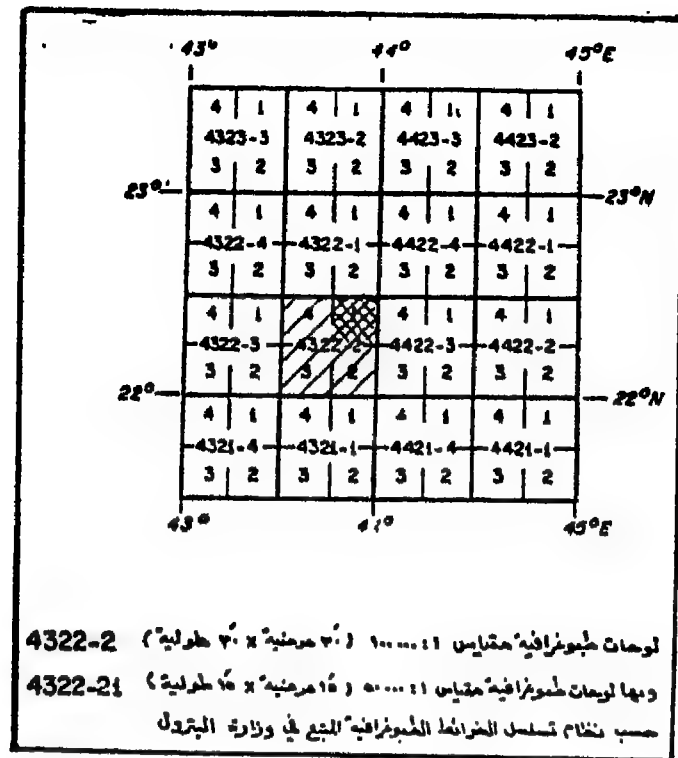
الرياض مقياس ١ : ٥٠.٠٠٠ هو 4624-23 حيث انها تقع فى الربع
الجنوبى الغربى اى الربع الثالث من اللوحة ١ : ١٠٠.٠٠٠ و يبلغ عدد
اللوحات التى تغطى المملكة من هذا المقياس حوالى ٢٣٠٠ لوحة تقريبا .
وتبين الاشكال من ١٧٣ الى ١٧٦ تسلسل الخرائط حسب النظام المتبع
فى ادارة المساحة الجوية .



شكل رقم (١٧٣)



شكل رقم (١٧٤)



شكل رقم (١٧٦)

ثانيا - نظام الاحداثيات فى خرائط وكالة تخطيط المدن :

١ - الخرائط الجغرافية مقياس ١ : ٥٠٠.٠٠٠ : يتطابق النظام الاحداثى لهذه اللوحات مع النظام الاحداثى المتبع فى خرائط ادارة المساحة الجوية ، فاحداثى اللوحة التى تقع بها مدينة الرياض هو NG38SE وأبعادها ٣' طولية × ٢' عرضية .

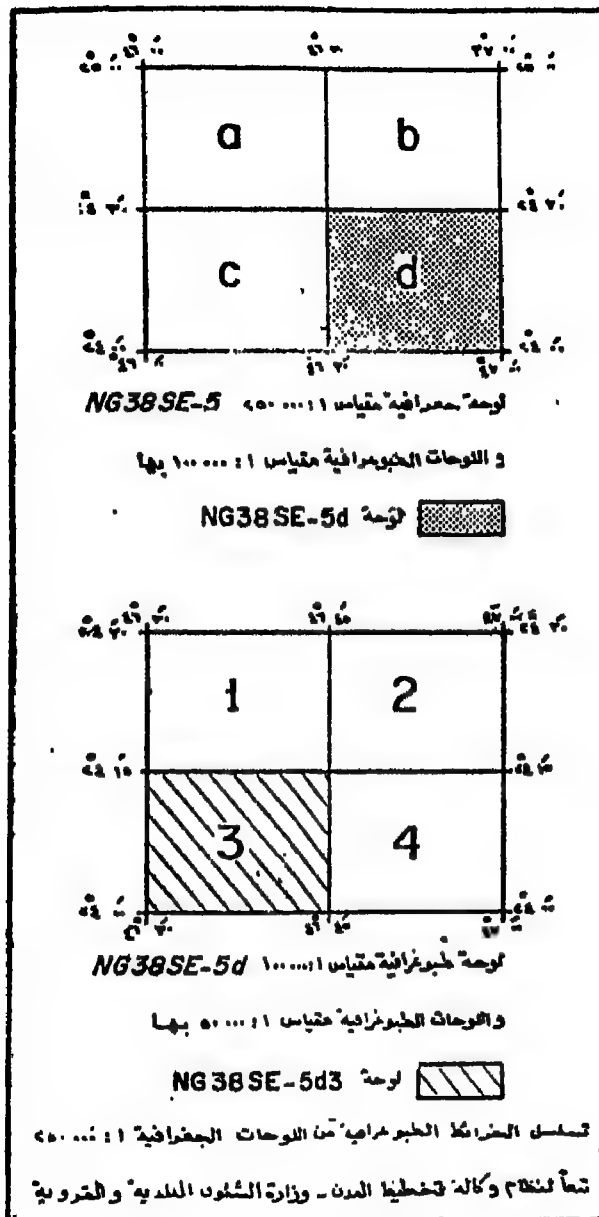
٢ - الخرائط الجغرافية مقياس ١ : ٢٥٠.٠٠٠ : تنقسم اللوحة الجغرافية مقياس ١ : ٥٠٠.٠٠٠ الى ست لوحات من مقياس ١ : ٢٥٠.٠٠٠ . أبعاد اللوحة الواحدة ١' طولية × ١' عرضية . وترقم اللوحات من ١ الى ٦ بدءا من الركن الشمالى الغربى ومن الغرب الى الشرق . وبذلك يتكون الاحداثى الكامل للخريطة ١ : ٢٥٠.٠٠٠ من احداثى اللوحة

١ : ٥٠٠.٠٠٠ وعلى يمينه رقم اللوحة . على سبيل المثال احداثيات اللوحة
التي تقع بها مدينة الرياض هو NG385E-5 .

٣ - الخريطة الطبوغرافية مقياس ١ : ١٠٠.٠٠٠ : تقسم الخريطة
مقياس ١ : ٢٥٠.٠٠٠ الى اربعة اقسام يغطي كل قسم لوحة ابعادها
٣٠ طولية X ٣٠ عرضية . وتأخذ هذه الاقسام حروف هجائية من الحجم
الصغير من a الى d وذلك بدءا من الركن الشمالى الغربى وفى اتجاه
الشرق . والاحداثى الكامل للوحة هو احداثى الخريطة مقياس ١ : ٢٥٠.٠٠٠
وعلى يمينه الحرف الابدجى الدال على الربع ، مثلا NG385E-5d .

٤ - الخرائط الطبوغرافية مقياس ١ : ٥٠.٠٠٠ : تضم اللوحة مقياس
١ : ١٠٠.٠٠٠ اربع لوحات مقياس ١ : ٥٠.٠٠٠ ابعاد اللوحة الواحدة
١٥ طولية X ١٥ عرضية ، وترقم اللوحات من ١ الى ٤ بدءا من الربع
الشمالى الغربى وفى اتجاه الشرق . والاحداثى الكامل للوحة هو احداثى
الخريطة مقياس ١ : ١٠٠.٠٠٠ وعلى يمينه رقم اللوحة ، مثلا NG385E-5d3 .

وبين شكل (١٧٧) ، (١٧٨) تسلسل الخرائط حسب النظام المتبع فى
وكالة تخطيط المدن .



شكل رقم (١٧٨)

أما بالنسبة لتحديد احداثيات الموقع على الخرائط السعودية سواء التي أنتجتها ادارة المساحة الجوية أو تلك التي أنتجتها وكالة تخطيط المدن ، فيتم بنفس النظام المتبع فى الخرائط المصرية الحديثة . أى أن نقطة الصفر فى كل نطاق طولى هى نقطة تقاطع خط الزوال الأوسط مع دائرة الاستواء وقيمتها الاحداثية صفر كم ، ٥٠٠ كم .

نظام الاحداثيات فى خرائط سلطنة عمان

تقع سلطنة عمان فى الركن الجنوبى الشرقى لشبه الجزيرة العربية ، وهى تمتد على شكل قوس بين دائرتى عرض ٣٠° ١٦' ، ٣٠° ٢٦' شمالاً ، وبين خطى زوال ٥٤° ٥١' ، ٥٠° ٦٠' شرقاً ، وتقوم لوحات سلطنة عمان الطبوغرافية مقياس ١ : ١٠٠.٠٠٠ على النظام الميلونى الحديث . وقد اصدرت السلطنة أربع لوحات جغرافية مقياس ١ : ١.٠٠٠.٠٠٠ تغطى أراضيها لخدمة عمليات الملاحة الجوية ، وتسمى بلوحات ONC اختصاراً ، للعبارة Operational Navigation Charts . وهذه اللوحات هى NG 40 ، NF 40 ، NE 40 ، NE 39 ، وتعتبر أساس النظام الاحداثى العمانى :

مقاييس خرائط النظام المليونى العمانية وابعادها :

١ - خرائط ١ : ١.٠٠٠.٠٠٠ : وأبعادها ٦ درجات طولية X ٤ درجات عرضية ، وتشتمل كل لوحة على أربع لوحات مقياس ١ : ٥٠٠.٠٠٠ و ١٦ لوحة مقياس ١ : ٢٥٠.٠٠٠ ، ٩٦ لوحة مقياس ١ : ١٠٠.٠٠٠ .

٢ - خرائط مقياس ١ : ٥٠٠.٠٠٠ : وأبعادها ٣ درجات طولية X ٢ درجة عرضية ، وتسمى كل لوحة باسم الربع الذى تشغله من اللوحة المليونية التابعة لها . فاللوحة الشمالية الشرقية NE ، والجنوبية الشرقية SE ، والجنوبية الغربية SW ، والشمالية الغربية NW . ويكتب اسم الربع على يمين احداثى الخريطة المليونية ، مثل NE39SE .

٣ - خرائط مقياس ١ : ٢٥٠.٠٠٠ : وأبعادها ٣° ١' طولية X ١° ٠' عرضية . وأساس المسمى الاحداثى لهذه اللوحات هو تقسيم الخريطة المليونية الى أربعة أقسام طولية وأربعة أقسام عرضية . وبذلك تحتوى

اللوحة المليونية على ست عشرة لوحة من هذا المقياس ترقيم من ١ الى ١٥ بالترتيب من الركن الشمالى الغربى وفى اتجاه الشرق . ويصبح المسمى الاحداثى الكامل للخريطة مقياس ١ : ٢٥٠٠٠٠ هو المسمى الاحداثى للخريطة المليونية وعلى يمينه رقمها ، مثل NE 39-12 .

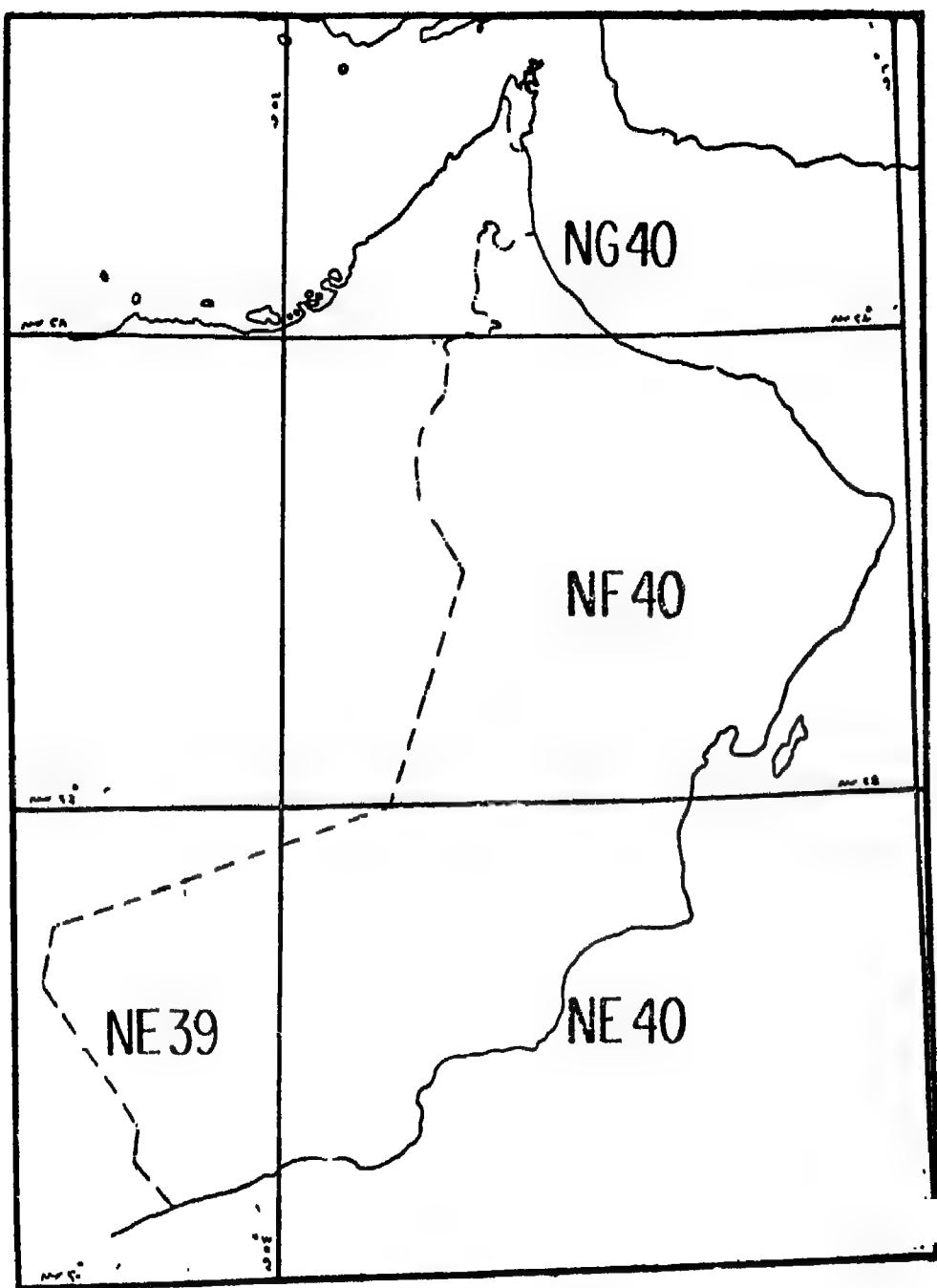
٤ - خرائط مقياس ١ : ١٠٠٠٠٠ : وأبعادها ٣٠ دقيقة طولية X ٣٠ دقيقة عرضية ، أى أن اللوحة مقياس ١ : ٢٥٠٠٠٠ تحتوى على ست لوحات من مقياس ١ : ١٠٠٠٠٠ . وقد أعطى لكل لوحة حرف أبجدى من A الى F وذلك بالترتيب من الركن الشمالى الغربى وفى اتجاه الشرق . وبذلك أصبح المسمى الاحداثى للخريطة الطبوغرافية من هذا المقياس يتكون من احداثى اللوحة المليونية وعلى يمينه رقم اللوحة ربع المليونية وعلى يمينه الحرف الابجدى للوحة ١ : ١٠٠٠٠٠ . فعلى سبيل المثال يشير المسمى الاحداثى للوحة 6E - NF 40 الى أنها جزء من اللوحة المليونية NF 40 ، وأنها جزء من اللوحة ربع المليونية رقم 6 وأنها اللوحة E التى تشغل الجزء الأوسط الجنوبى منها .

ويبلغ عدد اللوحات الطبوغرافية العمانية مقياس ١ : ١٠٠٠٠٠ ، ١٤٠ لوحة منفصلة لا يضمها أطلس واحد ، أصدرت معظمها هيئة المساحة الوطنية العمانية . ويبلغ متوسط أبعاد اللوحة ٨٥ X ٥٨ سم مبين عليها شبكة الاحداثيات الكيلومترية ، وليس هناك تداخل بين اللوحة واللوحات المجاورة . وتبين الخريطة الطبوغرافية العمانية الحدود الدولية ، والحدود الادارية ، ومناطق العمران الحضرى والريفى ، والطرق بدرجاتها المختلفة والمدقات الجبلية والصحراوية ، ومواقع الآبار والعيون والافلاج وامتدادها ، والمطارات ومهابط الطائرات العمودية ، وحقول النفط وخطوط أنابيب نقله ، وخطوط نقل الطاقة الكهربائية . والمزروعات وأنواعها ، والمظاهر الحضارية الأخرى . وتستخدم خطوط الكنتور وبعض خطوط الهاشور لبيان مظاهر السطح المختلفة بالإضافة الى بعض نقاط المناسيب وتظليل المنحدرات الشديدة . وتتراوح الفترة الكنتورية بين ٥٠ مترا فى المناطق السهلية ، ١٠٠ ، ٢٠٠ ، ٥٠٠ مترا فى المناطق الجبلية . كما تظهر خطوط الجريان السطحى ورموز النبات الطبيعى .

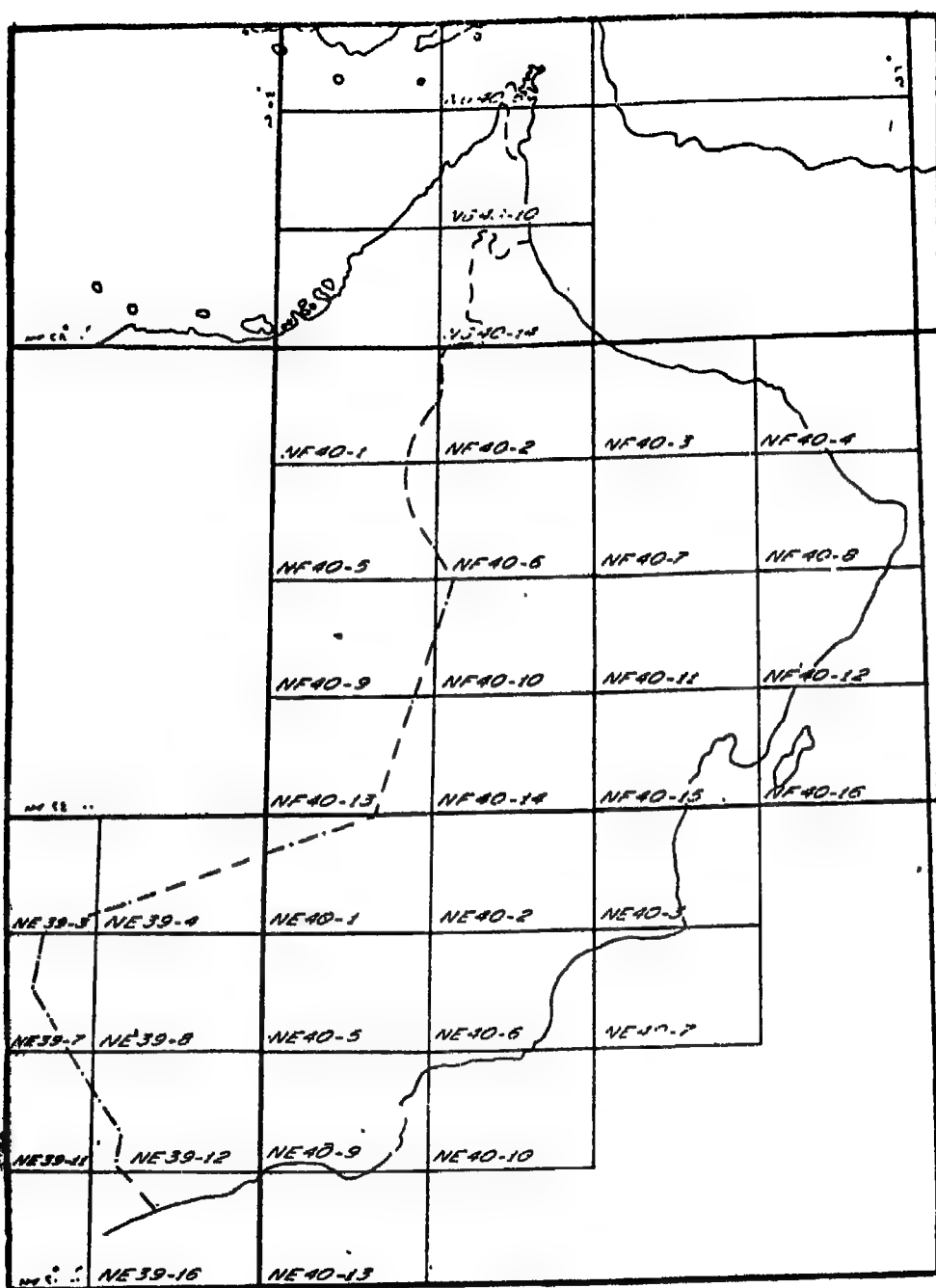
٥ - خرائط مقياس ١ : ٥٠.٠٠٠ : وهى عبارة عن ثلاث لوحات فقط ،
الأولى لمنطقة مطار السيـب الدولى ، والثانية لمنطقة العاصمة . وهناك
تداخل جانبى بينهما يظهر فيه مطار السيـب ومعسكر المرتفعة والعوابى
ومغرة . وتمتد اللوحة الأولى من رأس السوارى غربا الى مطار السيـب
شرقا ، أما اللوحة الثانية فتتمتد من مطار السيـب غربا الى بلدة سفاح شرقا .
وتغطى اللوحة الثالثة منطقة وادى الجزى .

٦ - خرائط مقياس ١ : ٢٥.٠٠٠ : وتقتصر على منطقة مضيق هرمز ،
وتخدم أغراض الملاحة البحرية والملاحة الجوية ، وتبين الجزر المتناثرة فى
المضيق واليابس المجاور .

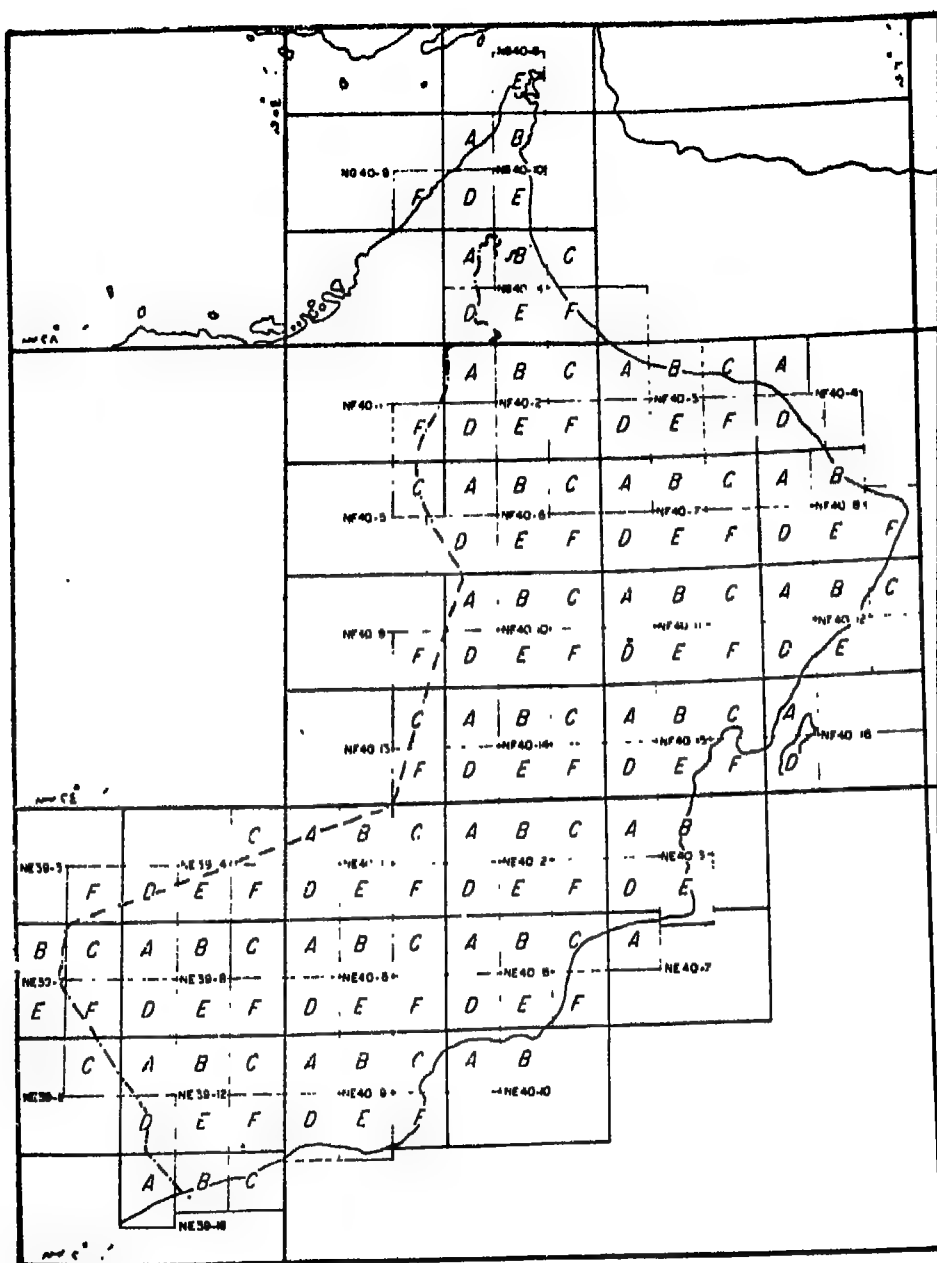
وتبين الاشكال من ١٧٩ الى ١٨١ تسلسل الخرائط حسب النظام المتبع
فى سلطنة عمان .



شكل رقم (١٧٩)
الوحدات الجغرافية مقياس ١ : مليون (الوحدات المليونية)
التي تغطي أراضي سلطنة عمان



شكل رقم (١٨٠)
اللوحات الجغرافية مقياس ١ : ٢٥٠,٠٠٠ (اللوحات ربع المليونية)
التي تغطي أراضي سلطنة عمان



شكل رقم (١٨١)
 الملوحة الطبوغرافية مقياس ١:١٠٠.٠٠٠
 التي تغطي أراضي سلطنة عمان

ونقطة الأصل فى الخرائط الطبوغرافية العمانية لتحديد احداثيات المواقع تسير بنفس النظام المتبع فى الخرائط الطبوغرافية المصرية الحديثة ، وفى الخرائط السعودية ، أى ان نقطة الأصل فى كل قسم طولى هى نقطة تقاطع خط الزوال الاوسط مع دائرة الاستواء ، وقيمتها الاحداثية صفر كم ، ٥٠٠ كم .

نظام الاحداثيات فى الخرائط الطبوغرافية البريطانية

مقياس بوصة للميل - ١ : ٦٣٣٦٠ One Inch Map

يغطى الجزر البريطانية (جزيرة بريطانيا - جزر هبروز فى الشمال الغربى - جزر شتلند وجزر أوركنى فى الشمال الشرقى) عدد من اللوحات الطبوغرافية مقياس ١ : ٦٣٣٦٠ أى بوصة للميل ، يبلغ عددها ١٩٠ لوحة . وهى لوحات منفصلة لا يضمها اطلس واحد ، وانما لكل لوحة غلاف خاص بها عليه رقمها واسمها ومسجل بداخله - فى الطبوعات القديمة - شرحا لطريقة تحديد الاحداثيات للمواقع ، وطريقة تعيين الموقع ومعرفة اللوحة التى تحتويه . أما فى الطبوعات الحديثة فلا يوجد مثل هذه المعلومات ، وانما يذكر بدلا منها اسم كتيب خاص يشرح كيفية تعيين احداثيات المواقع أو توقيع لاماكن معلومة الاحداثيات ، وكذلك شرح لأساس شبكة الاحداثيات ، ويسمى هذا الكتاب :

"The Projection For Ordnance Survey Maps and The National Reference System".

كما يوجد بظهر الغلاف فى الطبوعات القديمة والحديثة خريطة بمقياس رسم صغير للجزر البريطانية توضح مواقع اللوحات بالنسبة لبعضها البعض ، وكذلك مناطق التداخل بين هذه اللوحات .

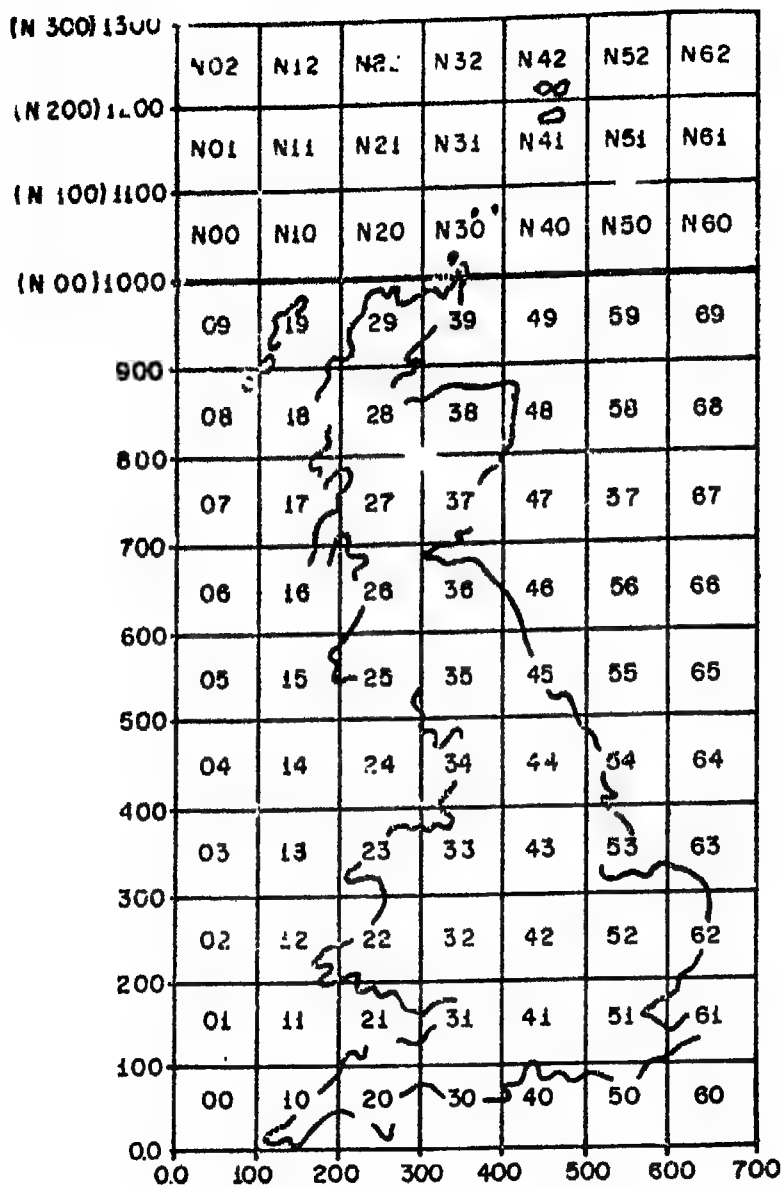
يبلغ متوسط أبعاد اللوحة حوالى ٤٠ كم من الغرب الى الشرق ، ٤٥ كم من الجنوب الى الشمال . وترسم خطوط الاحداثيات الشمالية والشرقية داخل اللوحة نفسها . وتظهر خطوط الاحداثيات الكيلومترية على هيئة خطوط خفيفة متقطعة ، وخطوط الاحداثيات العشر كيلو مترية على هيئة خطوط متصلة خفيفة . أما خطوط الاحداثيات المائة كيلو مترية فتظهر على

هيئة خطوط متصلة سميكة ومثلها خطوط الاحداثيات الخمسمائة كيلومترية .
وتكتب الاحداثيات كاملة على كل خط احداثى عشر كيلو مترى ، اما خطوط
الاحداثيات الكيلومترية فيكتب عليها الآحاد والعشرات فقط . ويذكر احداثى
الموقع بالاحداثى الشرقى أولا ثم الاحداثى الشمالى .

ونقطة الأصل فى النظام الانجليزى هى النقطة التى تقع فى أقصى
الجنوب الغربى من الجزيرة البريطانية أمام المنطقة المعروفة باسم
Land's end فى مقاطعة كورنوال Cornwall . وتسمى هذه النقطة
False Origin of Nat. Grid حيث انها نقطة وهمية فى البحر لا يمكن
تحديدتها الا على الخرائط فقط . وتقسم خريطة بريطانيا الى مجموعة من
المربعات طول ضلع كل منها مائة كيلو متر احداثى وذلك لمسافة ٧٠٠ كم من
الغرب الى الشرق ، ١٣٠٠ كم من الجنوب الى الشمال . ويكتفى عند كتابة
أرقام احداثيات المربعات بمئات الكيلومترات بحيث يكتب الاحداثى الشرقى
أولا على اليسار ثم الاحداثى الشمالى على يمينه . فالمربع الذى يحمل الرقم
24 يعنى أن الركن الجنوبى الغربى له يبعد عن نقطة الأصل بمسافة ٢٠٠ كم
احداثى شرقا ، ٤٠٠ كم احداثى شمالا . وتعاد كتابة الاحداثيات بعد
الاحداثى الشمالى ١٠٠٠ كم بنفس الطريقة مع اضافة حرف N (شكل ١٨٢)
ويلاحظ أن هذه الأبعاد الاحداثية لا تمثل أبعادا حقيقية ، انما تمثل أبعادا
احداثية على اللوحات . ولذلك تسمى كيلو مترات احداثية Coordinate
Kilometers .

ويكتب احداثى الموقع بعشرات وآحاد الكيلو مترات وأجزائها العشرية
أى الى أقرب مائة كيلو متر وذلك داخل كل مربع مائة كيلو مترى . فاحداثى
النقطة «س» مثلا 234352 يعنى أنها تبعد عن الركن الجنوبى الغربى
للمربع المائة كيلومترى بمسافة ٢٣٤ كم احداثى شرقا ، ٣٥٢ كم احداثى
شمالا . ويسمى هذا الاحداثى المكون من ستة أرقام بالاحداثى المحلى العادى
Normal National Grid . ولما كانت هذه الأرقام تتكرر داخل كل مربع مائة
كيلو مترى فقد لزم ذكر احداثى المربع المائة كيلو مترى الى جانب الاحداثى
المحلى العادى ويكتب على يساره . ويتكون احداثى النقطة «س» فى

هذه الحالة من الجدول رقم ١٩٢١١٢١ ، وتسمى "نقطة" في
المربع ٢٥ الخانة ، وتسمى "نقطة" في هذه الحالة بالحدود

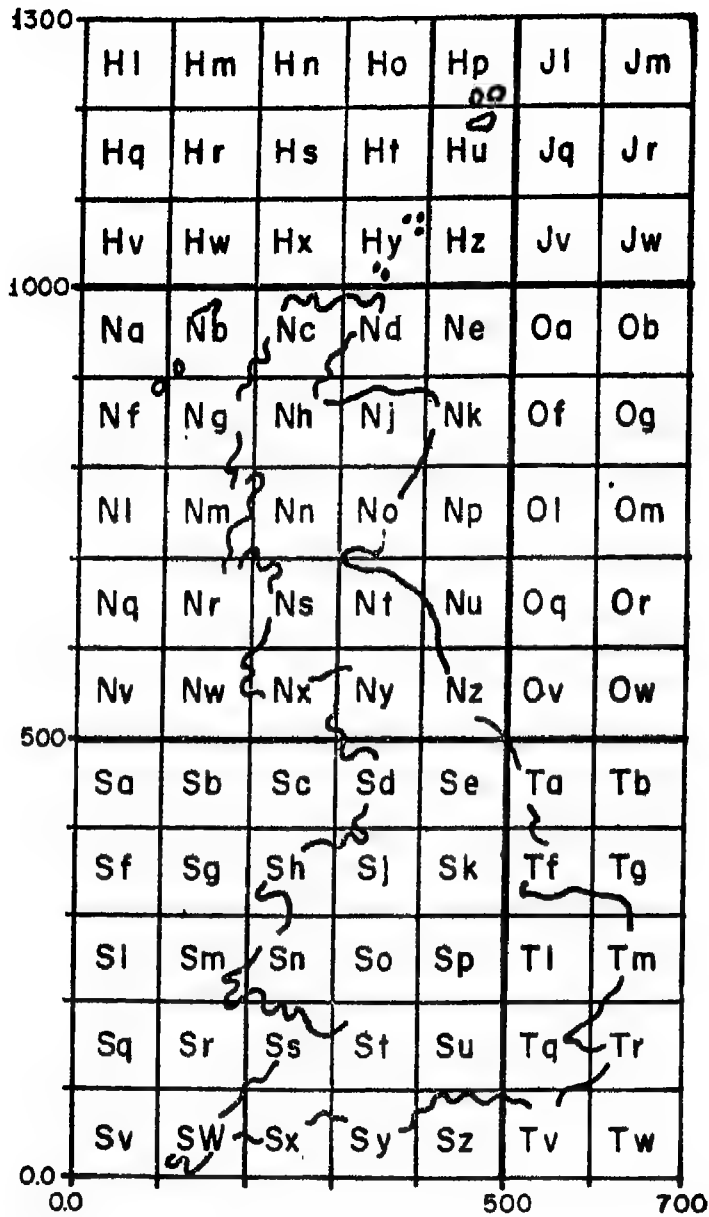


شكل رقم (١٨٢)

المحلى الكامل Full National Grid Reference • أى أن «س» تبعد عن نقطة الأصل بمسافة ٢٢٣ر٤ كم احدائى شرقا ، ٥٣٥ر٢ كم احدائى شمالا .
واذا ذكر احدائى المربع الكيلو مترى الذى تقع فيه النقطة «س» ، وفى هذه الحالة يتكون من أربعة أرقام فقط 2335 سى بالاحدائى الكيلو مترى العادى • وإذا ذكر بجانبه - على اليسار - احدائى المربع المائة كيلو مترى الذى يقع فيه ويصبح ستة أرقام تكتب بهذا الشكل 25/2335 سى بالاحدائى الكيلو مترى الكامل •

ويلاحظ فى امتداد اللوحات الطبوغرافية الانجليزية بصفة عامة انها تضم بعض أجزاء من اللوحات المجاورة لها فى جميع الاتجاهات ، وذلك حتى يسهل تتبع المعالم الجغرافية فى اللوحات المجاورة • ويصل مقدار هذا التداخل الى خمسة كيلو مترات فى كل اتجاه •

وهناك تقسيم آخر حديث لمجموعة اللوحات الطبوغرافية البريطانية مقياس بوصة للميل ، تقسم فيه الجزر البريطانية ابتداء من نقطة الأصل الى مربعات خمسمائة كيلو مترية • وقد أعطى كل مربع حرف هجائى كبير ، فالربع من صفر الى ٥٠٠ كم شمالا يحمل الحرف S • ومن ٥٠٠ كم الى ١٠٠٠ كم الحرف N ، ومن ١٠٠٠ كم الى ١٣٠٠ كم الحرف H ، والى الشرق من تلك المربعات تقع المربعات J,O,T وذلك بالترتيب من الجنوب الى الشمال ، ويلاحظ أن المربعات H,J,O,T غير كاملة اذ أنها أجزاء من مربعات خمسمائة كيلومترية • ويقسم كل مربع من هذه المربعات الخمسمائة كيلو مترية الى ٢٥ مربعا مائة كيلو مترى ، يسمى كل مربع بحرف من حروف الهجاء على الترتيب من الغرب الى الشرق مع حذف الحرف I وتتكرر هذه الحروف داخل كل مربع خمسمائة كيلو مترى وبنفس الترتيب ، ويكتب الحرف الخاص بالمربع المائة كيلو مترى صغيرا • وبسبب هذا التكرار يكتب الحرف الدال على المربع الخمسمائة كيلو مترى الذى يقع فيه المربع المائة كيلو مترى على يسار الحرف الهجائى الصغير الخاص به (شكل ١٨٣) • وبهذه الصورة يمكن ذكر الاحدائى الكامل اما بالارقام أو بالحروف NX234352 بدلا من 25234352 وكذلك NX/2335 بدلا من 25/2335 •



شكل رقم (١٨٣)

ويلاحظ فى الخرائط الطبوغرافية البريطانية أن خطوط الاحداثيات لا تنطبق على خطوط الزوال الا فى مناطق محدودة ولهذا نجد على جانب الخريطة وخارج الاطار ثلاثة اتجاهات للشمال :

- ١ - الشمال الحقيقى (الجغرافى)
• Tru North (TN)
- ٢ - الشمال المغناطيسى
• Magnetic North (MN)
- ٣ - الشمال الاحداثى
• Grid North (GN)

نظام الاحداثيات فى الخرائط الطبوغرافية الفرنسية

يقسم النظام الفرنسى الدائرة الى ٤٠٠ درجة (G) بدلا من التقسيم المعروف الى ٣٦٠ درجة . وتنقسم الدرجة الى ١٠٠ دقيقة ، وتنقسم الدقيقة الى ١٠٠ ثانية . وعليه فان الزاوية القائمة = ١٠٠° بدلا من ٩٠° والزاوية المستقيمة = ٢٠٠° بدلا من ١٨٠° . وقد اتخذ من طول القوس على سطح الارض المقابل لزاوية مركزية قدرها ١° ثانية وحدة لقياس المسافات والاطوال وسميت بالمتري . وعلى ذلك فان طول القوس المقابل لثانية واحدة = ١٠ متر ، وطول القوس المقابل لدقيقة واحدة = ١٠ × ١٠٠ = ١٠٠٠ متر = ١ كم ، وطول القوس المقابل لدرجة واحدة = ١ كم × ١٠٠ = ١٠٠ كم ، وطول محيط الدائرة = ١٠٠ × ٤٠٠ = ٤٠.٠٠٠ كم وهو طول محيط الارض أو طول محيط أى دائرة عظمى على سطح الارض . ذلك لأن الزوايا المذكورة زوايا مركزية أى ينطبق رأسها على مركز الارض .

الخريطة الفهرسية للخرائط الطبوغرافية الفرنسية مقياس ١ : ٥٠.٠٠٠ :

تتكون الشبكة الفلكية على سطح الارض تبعا للنظام الفرنسى من ٤٠٠ خط زوال ، ٢٠٠ دائرة عرض . ويعتبر خط الزوال المار بباريس خط زوال صفر ، وبذلك يكون هناك ٢٠٠ خط زوال شرق باريس أى 200G شرقا ، ٢٠٠ خط زوال غرب باريس أى 200G غربا . كما تعتبر دائرة الاستواء دائرة الصفر بالنسبة لدوائر العرض ، وهناك ١٠٠ دائرة عرضية شمال الاستواء أى 100G حتى القطب الشمالى ، ومثلها جنوب الاستواء حتى القطب الجنوبى . أى أن نقطة القطب هى ١٠٠° وليست ٩٠° .

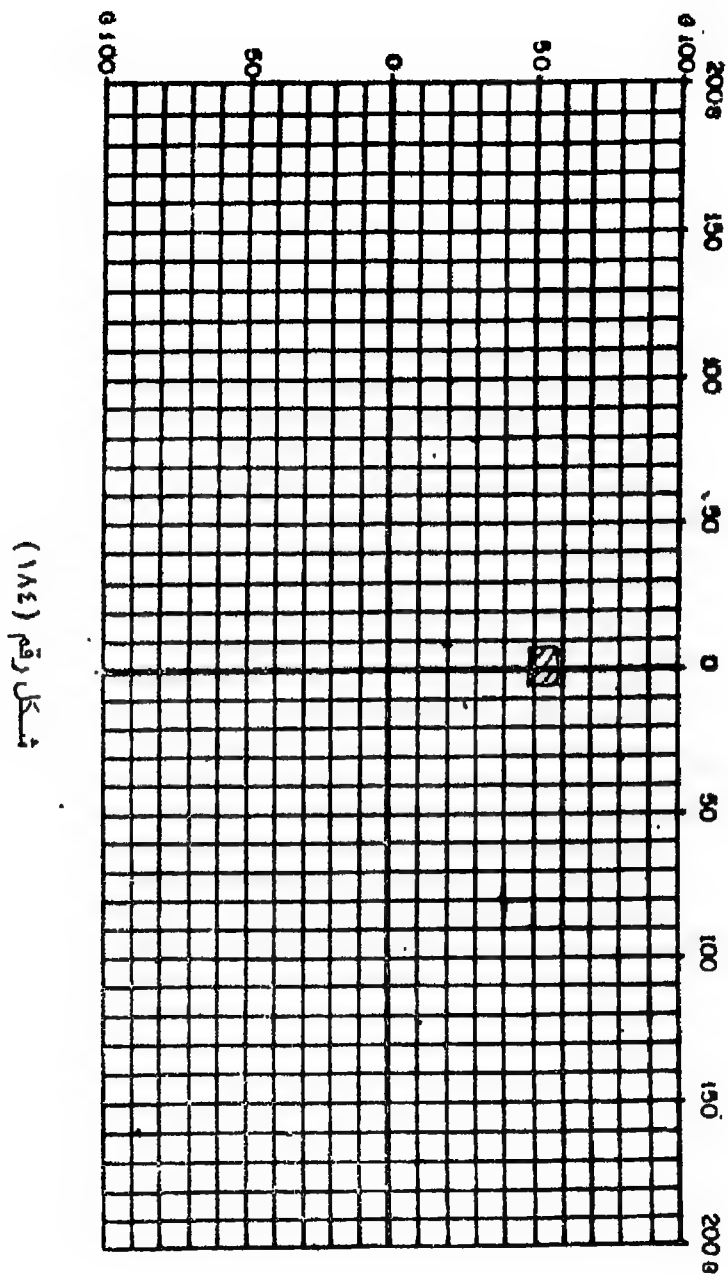
وتمتد الخريطة الفهرسية بحيث تغطي أراضى فرنسا من خط زوال 9G غرب باريس الى خط زوال 6G شرق باريس أى لمسافة 15G وهى تقابل ١٥٠٠ كم من الغرب الى الشرق . كما تمتد من دائرة عرض 47G الى دائرة عرض 57G شمال الاستواء وذلك لمسافة 10G وهى تقابل ١٠٠٠ كم من الجنوب الى الشمال (شكل ١٨٤) . وقد استخدم مسقط لامبرت Lambert فى انشاء الخرائط الطبوغرافية الفرنسية وهو من المسايط التى تحقق المساحات الصحيحة، وتظهر فيه خطوط الزوال على شكل خطوط مستقيمة . وبذلك تنطبق خطوط الزوال على حدود اللوحات . وبهذا لا يظهر فرق بين ما يعرف بالشمال الاحداثى والشمال الحقيقى الجغرافى كما هو الحال فى الخرائط الطبوغرافية البريطانية ، حيث لا توجد زاوية اختلاف احداثى أى زاوية تقارب .

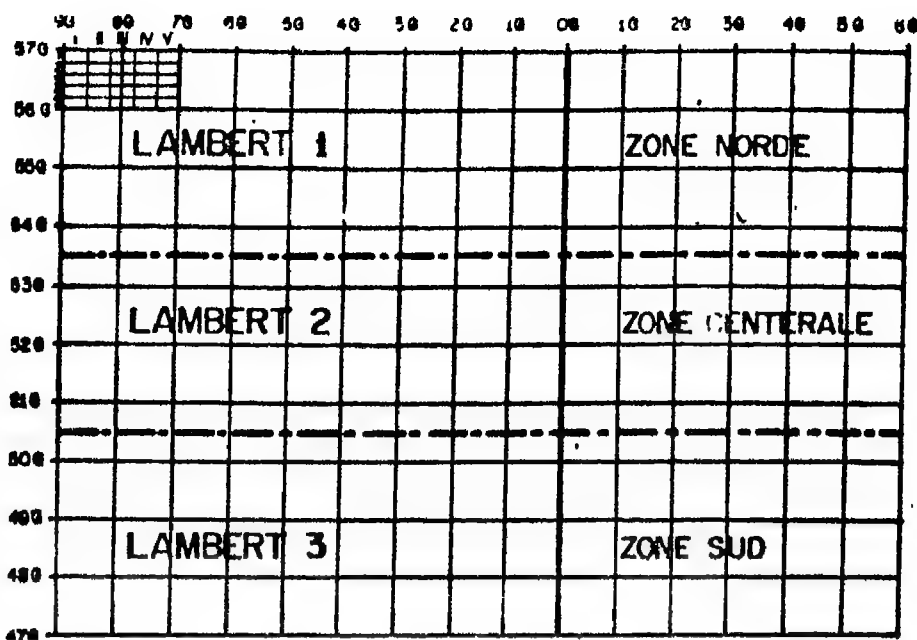
وقد قسمت الخريطة الفهرسية الى ثلاثة نطاقات عرضية تبعا لهذا المسقط حتى يتلاءم مع امتداد البلاد . أطلق على القسم الاول Lambert I أو Zone Norde ويمتد بين 53.5G الى 57G شمالا ، والقسم الثانى Lambert II أو Zone Centrale ويمتد بين 50.5 G الى 53.5 G شمالا ، والقسم الثالث Lambert III أو Zone Sud ويمتد بين 47G الى 50.5 G وهناك قسم رابع خاص بلوحات جزيرة كورسيكا أطلق عليه اسم Lambert IV أو Zone Korse ويمتد بين 46G الى 40G (شكل ١٨٥) .

نظام الخريطة الطبوغرافية الفرنسية مقياس ١ : ٥٠.٠٠٠ :

تغطي كل لوحة فى هذا النظام الفرنسى منطقة أبعادها ٢٠ كم من الشمال الى الجنوب ، ٤٠ كم من الغرب الى الشرق ، أى أن أبعاد اللوحة ٤٠ سم × ٨٠ سم . وبذلك فإن كل درجة عرضية تضم خمس لوحات من الشمال الى الجنوب ، وكل درجتين طوليتين تضمان خمس لوحات من الغرب الى الشرق . وبمعنى آخر فإن كل مستطيل أبعاده ١٠٠ كم من الشمال الى الجنوب ، ٢٠٠ كم من الغرب الى الشرق يضم ٢٥ لوحة طبوغرافية . وقد قسمت كل لوحة الى مربعات كيلو مترية .

وتقع نقطة الاصل فى أقصى الشمال الغربى عند تقاطع خط زوال 9G



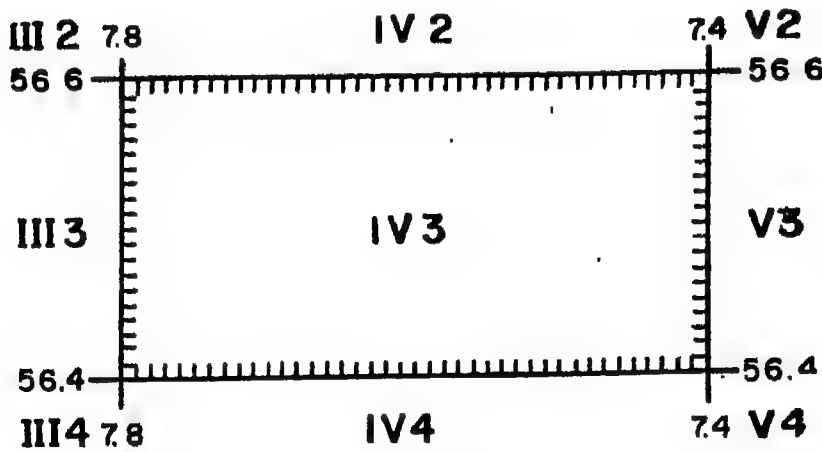


شكل رقم (١٨٥)

غرب باريس مع دائرة عرض 57° شمال الاستواء . وقد قسمت الشبكة الفلكية الى مستطيلات !بعادها ٤٠ كم من الغرب الى الشرق ، ٢٠ كم من الشمال الى الجنوب . وقد أعطيت الاقسام الموازية لخطوط الزوال أرقاماً رومانية من I الى XXXIX من الغرب الى الشرق ، والاقسام الموازية لدوائر العرض أرقاماً عربية من 1 الى 50 من الشمال الى الجنوب . وعلى ذلك تكون اللوحة الاولى هي : I1 وينطبق ركنها الشمالى الغربى على نقطة الاصل . أما اللوحة الواقعة الى الشرق منها فرقمها : II1 ويبعد ركنها الشمالى الغربى عن نقطة الاصل بمقدار ٤٠ كم شرقاً ، صفر كم جنوباً . واللوحة الواقعة الى الشرق هي III1 وهكذا حتى اللوحة XXXIX 1 . فاذا انتقلنا من اللوحة I1 صوب الجنوب فان رقم اللوحة التالية هو I2 ويبعد ركنها الشمالى الغربى عن نقطة الاصل بمقدار صفر كم شرقاً ، ٢٠ كم جنوباً . ورقم اللوحة الواقعة الى الشرق منها هو II2 ويبعد ركنها الشمالى الغربى عن نقطة الاصل بمقدار ٤٠ كم شرقاً ، ٢٠ كم جنوباً . وهكذا تستمر الاحداثيات للوحات فى الاتجاه الجنوبى

I 4, I 3 الى 150 . . ويعنى هذا أن الاحداثى الشرقى يكتب أولا على اليسار ويذكر أولا ثم الاحداثى الجنوبى على يمينه . ويلاحظ أن اللوحة الاولى I 1 لوحة فخرية اذ أنها تقع فى المحيط الاطلسى غرب الجزيرة البريطانية ، وكذلك اللوحة الاخيرة رقم 50 XXXIX فى أقصى الجنوب الشرقى لأنها تقع فى البحر المتوسط .

وتسمى كل لوحة باسم أهم مدينة أو معلم جغرافى ظهر بها الى جانب رقمها الاحداثى . ويكتب على هامش الخريطة فى كل الاتجاهات أسماء اللوحات المجاورة وأرقامها الاحداثية . كما يذكر عند كل ركن من أركانها الاحداثى الفلكى الفرنسى شرق أو غرب خط زوال باريس وشمال الدائرة الاستوائية (شكل ١٨٦) . كما يذكر على الاطار الداخلى للوحة الاحداثيات الفلكية بالنظام الستينى شرق أو غرب خط زوال جرينتش وشمال دائرة الاستواء ، وذلك حتى تسهل المقارنة بين النظام الفرنسى المئوى والنظام العالمى الستينى .



شكل رقم (١٨٦)

. النظم العالمية لشبكات الاحداثيات

يوجد نظامان لشبكات الاحداثيات العالمية أحدهما انجليزى والآخر أمريكى .

أولا - النظام الانجليزى : وتتبعه كثير من الدول خاصة التى كانت

خاضعة للنموذج البريطاني أو المتحدثة باللغة الانجليزية • ويعتمد النظام الانجليزي على قاعدتين أساسيتين هما :

١ - قراءة الاحداثى الشرقى أولا ثم الاحداثى الشمالى •

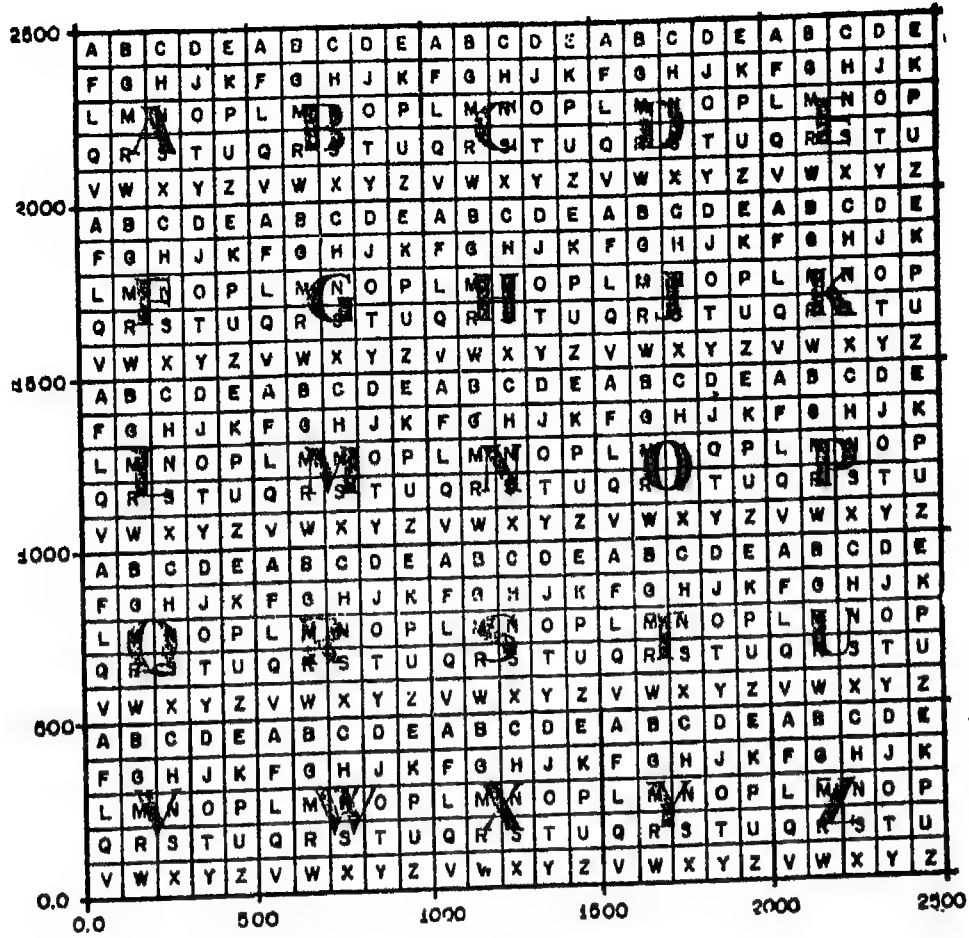
٢ - يكون عدد أرقام الاحداثى الشرقى مماثلا لعدد أرقام الاحداثى الشمالى ، وعلى اليسار رقم المربع المائة كيلو مترى أو حروفه الهجائية •
فيكون الاحداثى باحدى هاتين الصورتين 64058150 أو Tb058150 •

يقوم هذا النظام العالمى على تخطيط سطح الارض الى شبكة من المربعات طول ضلع كل منها اى وحدة المربع ١٠٠ كم احداثى ، ويسمى كل مربع بحرف هجائى من A الى Z ماعدا الحرف I • ويمثل كل ٢٥ مربعا من هذه المربعات مربعا طول ضلعه ٥٠٠ كم، يسمى كل منها بحرف هجائى من A الى Z مع حذف حرف I ولكن بحجم أكبر • كما يمثل كل ٢٥ مربعا خمسمائة كيلو مترى مربعا كبيرا طول ضلعه ٢٥٠٠ كم يسمى كل منها بحرف هجائى من A الى Z مع حذف حرف I أيضا • ويلاحظ أن توزيع الحروف الهجائية على المربعات الصغيرة المائة كيلو مترية والمتوسطة الخمسمائة كيلو كيلو مترية يبدأ من الركن الشمالى الغربى وفى اتجاه من الغرب الى الشرق وهكذا نلاحظ أن كل ٢٥ مربعا صغيرا يكون مربعا متوسطا ، وكل ٢٥ مربعا متوسطا يكون مربعا كبيرا ولا توجد حاجة لاستخدام واحدة أكبر من ذلك (شكل ١٨٧) •

وعلى الرغم من أن التسلسل الابجدى يتم من الركن الشمالى الغربى ، إلا أن التسلسل الرقمى والذي يبدأ من نقطة الاصل الموضحة برقم صفر يتم نحو الشرق والشمال ويتبع قاعدة Read Right Up أى الاحداثى الشرقى أولا ثم الشمالى •

ثانيا - النظام الأمريكى ، نظام مركبتور المستعرض UTM :

استحدثت الولايات المتحدة الامريكية نظاما احداثيا يعتبر الآن أهم النظم العالمية • ويلزم ذلك من الدول التى ستأخذ به إعادة طبع خرائطها الطبوغرافية مما يترتب عليه تكاليف باهظة • ويقسم هذا النظام سطح الارض الى أربعة مناطق جغرافية رئيسية لكل منها نظام احداثى خاص يطلق عليه اسم GZD أى The Grid Zone Designation



شكل رقم (١٨٧)

وهذه المناطق الأربع هي :

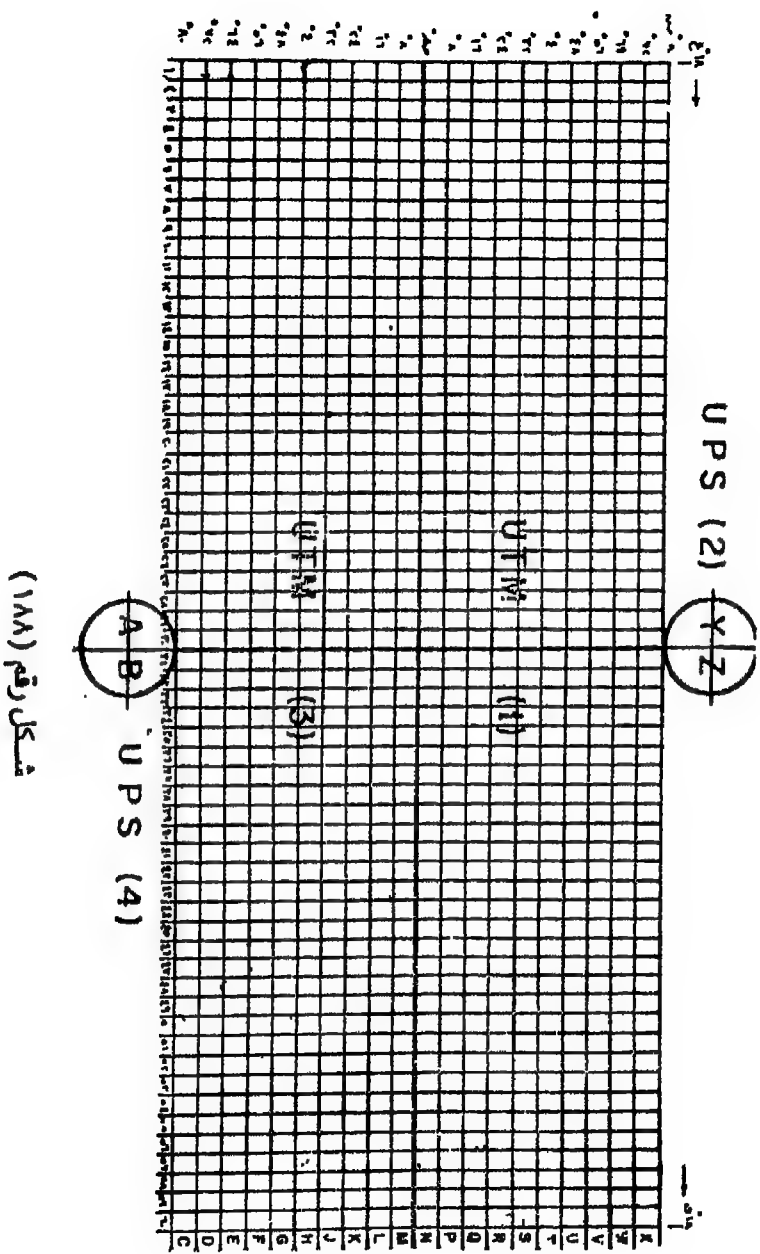
- المنطقة الأولى وتمتد بين الاستواء وعرض ٨٠° شمالا UTM
 - المنطقة الثانية وتمتد من عرض ٨٠° شمالا الى القطب الشمالى UPS
 - المنطقة الثالثة وتمتد بين الاستواء وعرض ٨٠° جنوبا UTM
 - المنطقة الرابعة وتمتد من عرض ٨٠° جنوبا والقطب الجنوبي UPS
- ويلاحظ تشابها بين المنطقتين الاولى والثالثة ، وبين المنطقتين الثانية والرابعة . ويمثل المصطلح UTM اختصارا للعبارة The Universal

Transverse Mercator Grid ، ويعتمد على فكرة مسقط مركيتور لفوائده
العديدة والتي من أهمها الزوايا المقاسة عليه تكون أقرب ما يمكن فى قيمها
من الواقع . أما المصطلح UPS فيمثل اختصارا للعبارة The Universal
Polar Streographic Grid ، ويعتمد على المسقط القطبى الاسترجرافى .

وينقسم الجزء الخامس بنظام UTM والذي يمتد من عرض ٨٠° جنوبا
الى عرض ٨٠° شمالا الى ستين قسما طوليا اتساع كل قسم ٦ درجات طولية
وعلى امتداد الـ ٣٦٠ خط زوال . وترقم هذه الاقسام من ١ الى ٦٠ وذلك
بدءا من خط زوال ١٨٠° وفى اتجاه من الغرب الى الشرق . وينقسم كل
قسم من هذه الاقسام الستين الطولية الى عشرين قسما عرضيا اتساع كل قسم
٨ درجات عرضية وعلى امتداد الـ ١٦٠ دائرة عرضية . واعطى لكل قسم
أحد الحروف الابدجية بالتسلسل مع عرض ٨٠° جنوبا الى عرض ٨٠° شمالا
من حرف C الى حرف X مع حذف الحرفين O,I .

أما بالنسبة لنظام UPS والخاص باجزاء سطح الارض الواقعة وراء
دائرتى عرض ٨٠° جنوبا ، ٨٠° شمالا بالاتجاه نحو القطب ، فقد قسم كل
اقليم الى قسمين رئيسيين . ويأخذ القسم الغربى من اقليم القطب الجنوبى
الحرف الابدجى A ، والقسم الشرقى الحرف الابدجى B . ويأخذ القسم
الغربى من اقليم القطب الشمالى الحرف الابدجى Y ، والقسم الشرقى
الحرف الابدجى Z . ويفصل القسمين الغربى والشرقى فى الاقليمين خط
زوال صفر° وامتداده بعد عبوره نقطة القطب خط زوال ١٨٠° . وتعتبر هذه
التقسيمات الهيكل الاساسى لشبكة النظام الاحداثى (شكل ١٨٨) .

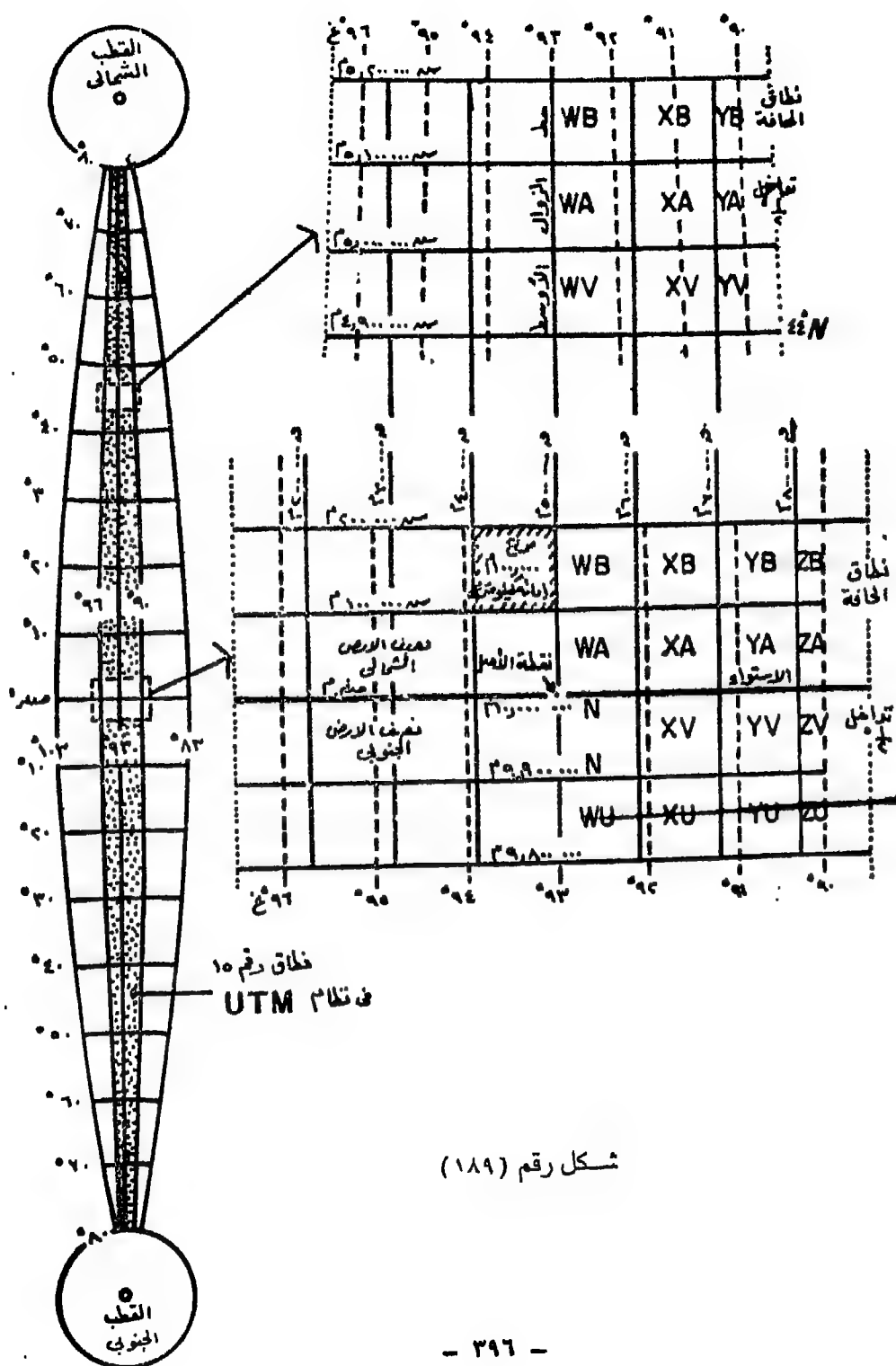
وكل قسم من أقسام نظام الـ UTM والذي يبلغ اتساعه ٦° طولية أساس
مستقل فى التقسيم ، ولكننا نتفق فى أن خط الزوال الاوسط بكل منها
يتقاطع مع دائرة الاستواء فى نقطة معينة هى نقطة الأصل . ويأخذ خط
الزوال الاوسط القيمة الاحداثية ٥٠٠ كم . وترقم الاحداثيات على اعتبار
أن القيمة الاحداثية لدائرة الاستواء صفر كم لجميع خرائط النصف الشمالى
للارض وحتى عرض ٨٠° شمالا . ويعنى هذا أن احداثيات نقطة الأصل فى
كل قسم فى نصف الارض الشمالى هو صفر كم ، ٥٠٠ كم . أما بالنسبة

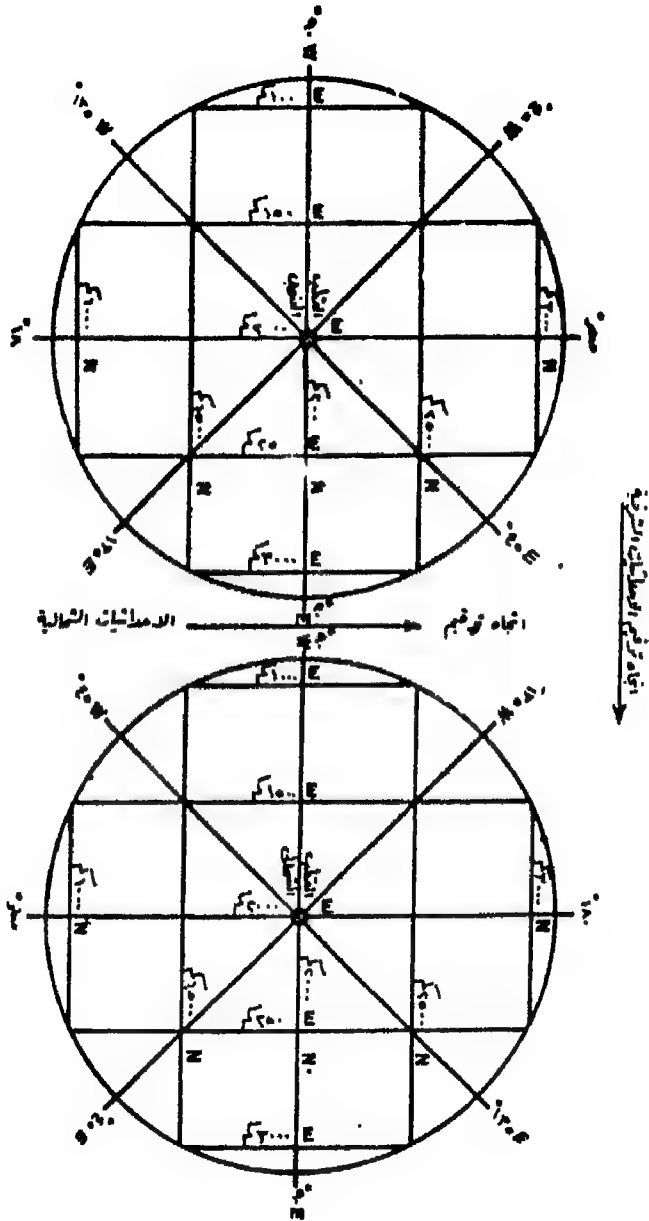


شکل رقم (۱۸۸)

لخرائط النصف الجنوبي للأرض فإن القيمة الاحداثية لدائرة الاستواء ١٠ر٠٠٠ كم وتتناقص بالاتجاه حتى عرض ٨٠° جنوباً ، أى ان احداثيات نقطة الأصل فى كل قسم فى نصف الأرض الجنوبي هو ١٠ر٠٠٠ كم ، ٥٠٠ كم . وتمثل تلك الأرقام بداية تسلسل الاحداثيات أو قراءة المسافات بالابتعاد عن الاستواء شمالاً أو جنوباً ، وبالابتعاد عن خط الزوال الأوسط شرقاً أو غرباً (شكل ١٨٩) .

وينقسم كل اقليم من الاقليمين القطبيين فى نظام الـ UPS الى أقسام داخلية وفق نظام معين تقاس به المسافات ، وذلك بالاتجاه من الغرب الى الشرق عمودياً على خط زوال ٩٠° غرباً وامتداده خط زوال ٩٠° شرقاً ، وبالاتجاه شمالاً ثم عبور نقطة القطب الشمالى ثم الاتجاه جنوباً فى الاقليم القطبى الشمالى ، وبالاتجاه جنوباً ثم عبور نقطة القطب الجنوبي ثم الاتجاه شمالاً فى الاقليم القطبى الجنوبي عمودياً على خطى زوال صفر° ، ١٨٠° . ويبدأ ترقيم الاحداثيات الشرقية بخط احداثى قيمته ١٠٠٠ كم ويمثل أقصى الغرب يليه شرقاً خط الاحداثى ١٥٠٠ كم ثم ٢٠٠٠ كم ثم ٢٥٠٠ كم وأخيراً ٣٠٠٠ كم . كما يبدأ ترقيم الاحداثيات الشمالية من القيمة ١٠٠٠ كم التى تمثل القيمة الاحداثية للخط الجنوبي الأقصى فى الاقليم القطبى الشمالى ، والقيمة الاحداثية للخط الشمالى الأقصى فى الاقليم القطبى الجنوبي ، يليه خط ١٥٠٠ كم ثم ٢٠٠٠ كم ثم ٢٥٠٠ كم وأخيراً ٣٠٠٠ كم . وبذلك تتكون مربعات طول ضلع كل واحد منها ٥٠٠ كم ولا علاقة لها بدوائر العرض . ويكتب بجوار كل رقم على خطوط الاحداثيات الشمالية الحرف N وبجوار الاحداثيات الشرقية الحرف E . ويتم قراءة الاحداثى الشرقى أولاً ثم الشمالى . وتقاس المسافات فى اتجاه الشرق على محور خطى زوال ٩٠° غرباً - ٩٠° شرقاً ، وفى اتجاه الشمال على محور خطى زوال صفر° - ١٨٠° (شكل ١٩٠) .





التقسيم الداخلى لنظامى UTM ، UPS الاحداثيين :

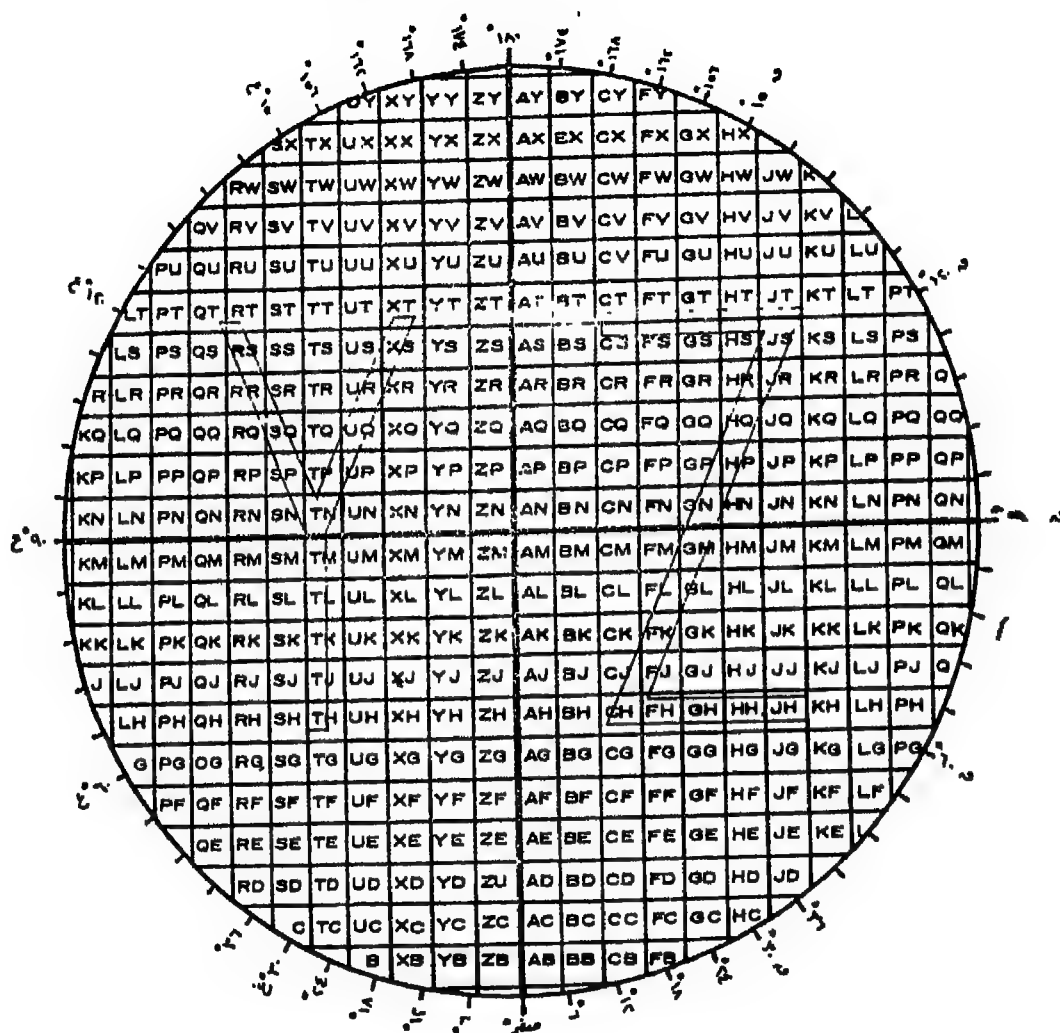
١ - نظام الـ UTM : يتكون هذا النظام من اشربة عرضية اتساع الواحد منها ١٠٠ كم تقريبا تمتد فى موازاة دوائر العرض عبر الاقسام الستين الطولية اى حول الارض . وينقسم كل شريط الى ٢٠ جزءا اتساع كل جزء ١٨° طولية اى ان الجزء الواحد يمتد عبر ثلاثة اقسام طولية من الاقسام الستين . وينقسم كل جزء الى ثمانية عشر قسما اتساع الواحد منها ١٠٠ كم وستة اقسام اتساع كل واحد منها اقل من ١٠٠ كم وتقع على جانبى الخطوط الفاصلة بين الاقسام الطولية . وبذلك تظهر مربعات مائة كيلو مترية كاملة واشكال منشورية . وترقم هذه المربعات والاشكال بحروف ابجدية من A الى Z مع استبعاد حرفى O,I . ويتم الترقيم من الغرب الى الشرق ابتداء من خط زوال ١٨٠° ، وبذلك تتكرر هذه الحروف كل ثلاثة اقسام طولية . كما ترقم الاشربة العرضية بدءا من عرض ٨٠° جنوبا بحروف ابجدية من حرف A الى حرف V مع استبعاد حرفى O,I ، وبذلك تتكرر هذه الحروف كل عشرين شريطا عرضيا فى اتجاه من الجنوب الى الشمال . ويلاحظ ان الاشكال المنشورية على جانبى الخطوط الفاصلة بين الاقسام الطولية لا تحمل حروفا مثل المربعات الكاملة ، ولكن يتم ادراك حروفها الرمزية عند سلسلة الحروف الابجدية لكتابة حروف المربعات الكاملة .

ففى نصف الارض الشمالى وبتداء من العرض ٨٠° شمالا تكاد المربعات المائة كيلو مترية تشمل المسافة بين خطى الزوال المحددين للقسام الطولى الواحد . ثم تبدأ الاشكال المنشورية فى الظهور وتتسع تدريجيا كلما اتجهنا جنوبا صوب دائرة الاستواء . اما فى نصف الارض الجنوبى فنلاحظ العكس اذ تظهر المربعات الكيلومترية الكاملة فى اقصى الجنوب عند عرض ٨٠° جنوبا ، ثم تظهر الاشكال المنشورية وتأخذ فى الاتساع تدريجيا كلما اتجهنا شمالا صوب دائرة الاستواء (شكل ١٩١) .

BG	CG	DG	EG	FG	GG	HG	IG	JG	KG	LG	MG	NG	OG	PG	QG	TG	UG	VG	WG	XG	YG
BF	CF	DF	EF	FF	GF	HF	IF	JF	KF	LF	MF	NF	OF	PF	QF	TF	UF	VF	WF	XF	YF
BE	CE	DE	EE	FE	GE	HE	IE	JE	KE	LE	ME	NE	OE	PE	QE	TE	UE	VE	WE	XE	YE
BD	CD	DD	ED	FD	GD	HD	ID	JD	KD	LD	MD	ND	OD	PD	QD	TD	UD	VD	WD	XD	YD
BC	CC	DC	EC	FC	GC	HC	IC	JC	KC	LC	MC	NC	OC	PC	QC	TC	UC	VC	WC	XC	YC
BB	CB	DB	EB	FB	GB	HB	IB	JB	KB	LB	MB	NB	OB	PB	QB	TB	UB	VB	WB	XB	YB
BA	CA	DA	EA	FA	GA	HA	IA	JA	KA	LA	MA	NA	OA	PA	QA	TA	UA	VA	WA	XA	YA
BV	CV	DV	EV	FV	GV	HV	IV	JV	KV	LV	MV	NV	OV	PV	QV	TV	UV	VV	WV	XV	YV
BU	CU	DU	EU	FU	GU	HU	IU	JU	KU	LU	MU	NU	OU	PU	QU	TU	UU	VU	WU	XU	YU
BT	CT	DT	ET	FT	GT	HT	IT	JT	KT	LT	MT	NT	OT	PT	QT	TT	UT	VT	WT	XT	YT
BS	CS	DS	ES	FS	GS	HS	IS	JS	KS	LS	MS	NS	OS	PS	QS	TS	US	VS	WS	XS	YS
BR	CR	DR	ER	FR	GR	HR	IR	JR	KR	LR	MR	NR	OR	PR	QR	TR	UR	VR	WR	XR	YR
BO	CO	DO	EO	FO	GO	HO	IO	JO	KO	LO	MO	NO	OO	PO	QO	TO	UO	VO	WO	XO	YO
BP	CP	DP	EP	FP	GP	HP	IP	JP	KP	LP	MP	NP	OP	PP	QP	TP	UP	VP	WP	XP	YP
BN	CN	DN	EN	FN	GN	HN	IN	JN	KN	LN	MN	NN	PN	QN	RN	TN	UN	VN	WN	XN	YN
BM	CM	DM	EM	FM	GM	HM	IM	JM	KM	LM	MM	NM	OM	PM	QM	TM	UM	VM	WM	XM	YM
BL	CL	DL	EL	FL	GL	HL	IL	JL	KL	LL	ML	NL	OL	PL	QL	TL	UL	VL	WL	XL	YL
BK	CK	DK	EK	FK	GK	HK	IK	JK	KK	LK	MK	NK	OK	PK	QK	TK	UK	VK	WK	XK	YK
BJ	CJ	DJ	EJ	FJ	GJ	HJ	IJ	JJ	KJ	LJ	MJ	NJ	OJ	PJ	QJ	TJ	UJ	VJ	WJ	XJ	YJ
BH	CH	DH	EH	FH	GH	HH	IH	JH	KH	LH	MH	NH	OH	PH	QH	TH	UH	VH	WH	XH	YH
BG	CG	DG	EG	FG	GG	HG	IG	JG	KG	LG	MG	NG	OG	PG	QG	TG	UG	VG	WG	XG	YG
BF	CF	DF	EF	FF	GF	HF	IF	JF	KF	LF	MF	NF	OF	PF	QF	TF	UF	VF	WF	XF	YF
BE	CE	DE	EE	FE	GE	HE	IE	JE	KE	LE	ME	NE	OE	PE	QE	TE	UE	VE	WE	XE	YE
BD	CD	DD	ED	FD	GD	HD	ID	JD	KD	LD	MD	ND	OD	PD	QD	TD	UD	VD	WD	XD	YD
BC	CC	DC	EC	FC	GC	HC	IC	JC	KC	LC	MC	NC	OC	PC	QC	TC	UC	VC	WC	XC	YC
BB	CB	DB	EB	FB	GB	HB	IB	JB	KB	LB	MB	NB	OB	PB	QB	TB	UB	VB	WB	XB	YB
BA	CA	DA	EA	FA	GA	HA	IA	JA	KA	LA	MA	NA	OA	PA	QA	TA	UA	VA	WA	XA	YA

شكل رقم (١٩١)

٢ - نظام الـ UPS : تقسم المناطق القطبية التى يشملها هذا النظام الى مربعات مائة كيلو مترية على امتداد المحورين الرئيسيين صفر' - ١٨٠' الرأس ، ٩٠' غربا - ٩٠' شرقا الافقى . ويراعى عند ترقيم هذه المربعات أن يبدأ على المحور الأفقى من الحرف J الذى يمثل البداية من الحافة الغربية والذى لا يمثل مربعا كاملا ، ويتسلسل الترقيم فى اتجاه الشرق نحو نحو القطب حتى الحرف Z مع استبعاد الحروف W, V, O, N, M وعند عبور نقطة القطب والاتجاه نحو الشرق يبدأ الترقيم من A الى R مع استبعاد الحروف O, N, M, I, E, D . أما بالنسبة للمحور الرأسى فيبدأ الترقيم من الطرف الجنوبى لهذا المحور بدءا من الحرف A ويكون المربع الخاص به غير كامل ثم يتدرج الترقيم نحو الشمال حتى القطب الشمالى فى نصف الارض الشمالى ، وحتى القطب الجنوبى فى نصف الارض الجنوبى الى الحرف Z مع استبعاد الحرفين O, I فقط حيث يكون المربع Z غير كامل يكون المربع Z غير كامل (شكل ١٩٢) .



شكل رقم (١٩٢).

فهرس الخرائط فى نظامى UPS, UTM :

نتيجة لتقدم طرق المسح الجوى والفضائى أصبحت هناك حاجة لوضع نظام فهرسة للخرائط التى انتجت بأعداد هائلة كى تغطى سطح الارض ، وذلك لتسهيل الوصول الى أى نقطة عن طريق النظام الاحداثى العالمى . ويتلخص نظام الفهرسة فى جدول بيانى على لوحة ترفق بمجموعات الخرائط الخاصة بنظام احداثى واحد وتكون محفوظة فى دولا ب حفظ مجموعات الخرائط ومطبوعة على الخريطة ذاتها . ولتبسيط فكرة هذه اللوحة نعرض المثال التالى :

- إذا كان النظام الاحداثى الكبير هو نظام UTM
- وكان النظام الاحداثى الاصغر GZO هو 185
- وكان أقرب خط زوال على يسار النقطة المراد تحديدها هو 91
- وكان أقرب رقم عشرينى يمكن تقديره بالنسبة لخط الزوال السابق هو 6
- وكان أقرب دائرة عرض الى الجنوب من نفس النقطة هو 09
- وكان أقرب رقم عشرينى يمكن تقديره بالنسبة لدائرة العرض السابقة هو 3

فان النقطة تتحدد بـ UTM 185916093 وتسمى به . ويمكن عن طريق هذا الرقم النهائى التوصل الى موقع أى نقطة ومكانها على الخريطة . وهناك دليل مسجل به جميع المواقع بالعالم مسلسلة أبجديا ، وعن طريق هذا التسلسل وما يقابله من رقم كودى يتمثل فى الرقم النهائى كالمبين فى نهاية المثال السابق يمكن تحديد اللوحة أو الخريطة . وبمعنى آخر فان المواقع تترجم الى أرقام وفق النظم الاحداثية يتم ترتيبها فى خزائن خاصة مناسبة .

الفصل الخامس عشر

الرموز والعلامات الاصطلاحية والالوان على الخرائط

ولا - الرموز والعلامات الاصطلاحية :

عند حصر عدد وحجم الظواهر الطبيعية والبشرية الهامة فى مساحة ندرها كيلو مترا واحدا فى الطبيعة، ومحاولة توقيها على الخريطة يضطر لى تحديد الأولويات فى اختيار الظواهر الواجب ابرازها ، اذ أنه لا يمكن توقيع كل الظواهر على الخريطة . واذا كانت الخريطة ذات مقياس رسم وليكن ١ : ٥٠.٠٠٠ ، فان هذا مقياس لا يسمح ببيان شكل تلك الظواهر لطبيعية أو البشرية كما هى فى الطبيعة . وتتضح أبعاد هذه المشكلة فى لخرائط صغيرة المقياس، لذا تستخدم رموز خاصة للدلالة على تلك الظواهر تسمى بالعلامات الاصطلاحية . ويراعى فى اختيار تلك العلامات أن تكون مطابقة الى حد ما لأشكال أو صور الظواهر التى تدل عليها . وتصبح الحاجة ماسة فى حالة صغر مقياس رسم الخريطة لاختصار تلك العلامات حتى تصبح مجرد رموزا غير مطابقة تماما لشكل الظاهرة . وتعتبر الرموز والعلامات اصطلاحية أى تقليدية متفق عليها ، تتبع فى معظم الخرائط حتى أن قارئ الخريطة يفهم مدلولها دون الرجوع الى مفتاح الخريطة .

وفيما يلى استعراض سريع لأهم تلك الرموز والعلامات :

١ - المجارى المائية : تبين الانهار بخطوط رفيعة متصلة عند المنبع تتسع المسافة بينهما بالاقتراب نحو المصب . أما الترع والقنوات فتبين الرئيسية منها بخطوط مزدوجة مستقيمة والفرعية بخطوط مفردة سميكة والثانوية بخطوط مفردة رفيعة . وتبين المصارف بخطوط رفيعة مقطعة .

٢ - السواحل : ترسم خطوط رفيعة متساوية السمك . وللرمل والكثبان الرملية والجروف علاماتها الخاصة .

٣ - المستنقعات : تظهر على هيئة خطوط قصيرة أفقية وسميكة ويرسم فوقها خصلة متفرقة من ثلاث أو خمس خطوط رفيعة . ويظهر لكل خصلة ظل على هيئة خط رفيع أسفل الخط السميك ومنحرفا عنه ناحية اليمين .

٤ - المرتفعات والمنخفضات على سطح الارض : وتوضح باحدى وسائل تمثيل التضاريس . والطريقة التى يغلب استعمالها هى طريقة خطوط الكنتور مع استخدام الهاشور لبيان الظواهر التى توضحها الفترة الكنتورية المستعملة .

٥ - الكثبان الرملية : توضح بنقط رفيعة متجاورة ويحدد الكثيب أو المنطقة الرملية من الخارج بنقط سميكة .

٦ - الحشائش : توضح بشرط قصيرة متجاورة فى وضع رأسى بحيث يتألف من مجموعها شكل هلال . وعادة ما يكون عدد تلك الشرط خمس خمس أطولها فى المنتصف .

٧ - الغابات : يرمز لها بأشجار تعين نوع الغابة ، فالغابة النفضية مثلا لها شكل يميزها عن الغابة الصنوبرية وغابات النخيل .

٨ - المحاجر : تبين محجر الزلط والرمال على شكل مجموعة من النقاط الرفيعة يحيط بها من الخارج نقط سميكة تحدد شكل وامتداد المحجر . أما محجر الاحجار كالحجر الجيرى أو الحجر الرملى ، فيبين الحد الخارجى للمحجر بخط سميك متصل يبرز من ناحية داخل المحجر خطوط متباينة الطول والاتجاه تشير الى قطوع الواجهات الصخرية بالمحجر .

٩ - الطرق : تظهر الطرق على شكل خطين متوازيين لا تخضع المسافة بينهما لمقياس رسم الخريطة ، وبالتالى لا تدل على اتساع الطريق . وقد يظهر الطريق على شكل خط مفرد سميك أو رفيع متصل أو مقطع حسب درجة الطريق . وتقسّم الطرق الى أربع درجات : فطرق الدرجة الاولى عبارة عن خط مزدوج سميك ، وطريق الدرجة الثانية عبارة عن خط متصل سميك يوازيه خط متصل رفيع . أما طرق الدرجة الثالثة فخطان متصلان رفيعان ، بينما طرق الدرجة الرابعة فخط مفرد رفيع . وتبين علامات

الكيلو مترات على طرق الدرجتين الاولى والثانية ، كما تبين علامات المناسب (الروبيرات) المجاورة للطرق مع كتابة المنسوب بجوارها .

١٠ - السكك الحديدية : تبين الخطوط الرئيسية المزدوجة بخط مزدوج يملأ فراغه بصورة متعاقبة من اللونين الابيض والاسود . أما الخط المفرد الرئيسى فيبين بخط مزدوج فقط ، وفى بعض الخرائط على شكل خط اسود سميك متصل . أما الخط المفرد الفرعى فيبين بخط رفيع مسنن . وعندما يمتد الخط الحديدى داخل نفق فانه يبين بخط متقطع .

١١ - الحدود : تبين الحدود الدولية بخطوط سوداء متقطعة بينها نقط ، وقد ترسم النقطة داخل قوسين يتصلان بالخطين الجانبين . أما الحدود الادارية كحدود المحافظات فتبين بخطوط سميكة متصلة ، وحدود المراكز بخطوط رفيعة مقطعة ، أما حدود النواحي والقرى فتبين بنقط .

١٢ - المباني : تبين بخطوط سوداء تحدد المسقط الافقى للمبنى ماعدا المباني الدينية فلها رموزها الخاصة ، ويكتب بجوار المباني الحكومية مسمياتها . ويرمز لمباني الخدمات البريدية بمستطيل داخله حرف ب ومباني التلغراف والتليفون بمستطيل داخله حرف ت .

١٣ - المدافن : يختلف الرمز الدال عليها باختلاف الديانات .

١٤ - المساجد : مربع اسود أو دائرة مصممة أو دائرة مفرغة يعلوها هلال .

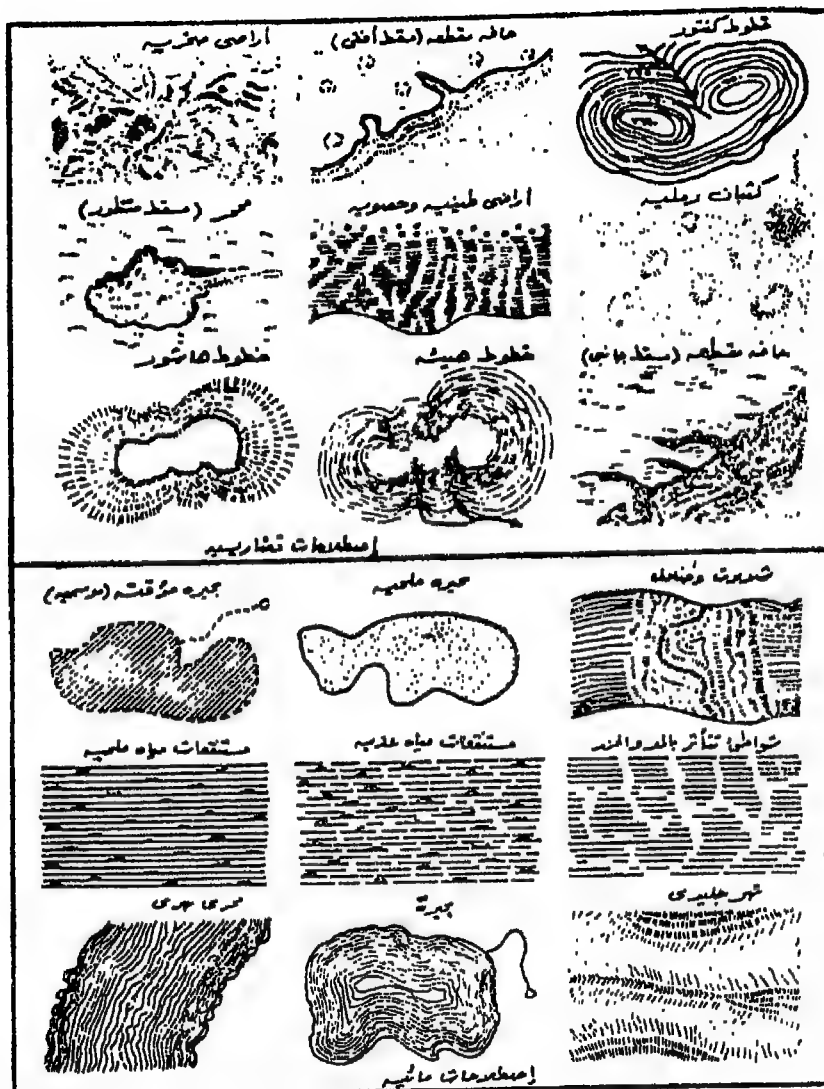
١٥ - الكنائس : مربع اسود أو دائرة مصممة فوقها صليب ، أو مجرد صليب فقط للابرشيات .

١٦ - المعابد : مربع اسود أو دائرة يعلوها نجمة داود .

١٧ - المنارات : شكل منارة مصغرة .

١٨ - الطواحين والسوانى : شكل الطاحونة الهوائية أو السانية مصغرة .

١٩ - المدن : وتوضح بطرق مختلفة حسب أهمية المدينة . فقد تبين



شکل رقم (۱۹۶)

ثانيا - الالوان على الخرائط :

تختلف الالوان المستخدمة فى الخرائط الجغرافية بصفة عامة تبعا لاختلاف مقياس رسم الخريطة ونوعها . فالوان الخرائط الاطلسية والحائطية تختلف عن الوان الخريطة الطبوغرافية . والوان الخرائط التضاريسية تختلف عن الوان الخرائط الجيولوجية التى تختلف بدورها عن الوان الخرائط المناخية . وتتباين أيضا الالوان داخل مجموعة الخرائط البشرية .

١ - الخرائط الاطلسية والخرائط التضاريسية : لهذه المجموعة من الخرائط ألوانها الخاصة . ويلاحظ أن مساحة المنطقة المبينة على الخريطة من ناحية ومنسوبها بالنسبة لمستوى سطح البحر من ناحية أخرى دور هام فى تحديد الفئات اللونية . وإمامنا فى هذه الحالة مجموعتان :

المجموعة الاولى : خرائط تبين مساحة محدودة من سطح الارض كدولة أو اقليم من دولة ذى مدى تضاريسى محدود . ولهذه المجموعة ألوانها ، فاللون الاخضر للاراضى المنخفضة التى يتراوح منسوبها بين مستوى سطح البحر ومنسوب ٢٠٠ م . ولهذا اللون درجتان ، الاخضر الداكن للاراضى بين صفر ، ١٠٠ م فوق مستوى سطح البحر ، والاخضر الفاتح للمناطق من ١٠٠ الى ٢٠٠ م . أما بالنسبة للاراضى التى تقع دون مستوى سطح البحر ، كاراضى شمال هولندا وغور الاردن ومنخفض القطارة على سبيل المثال يستخدم فى تمثيلها اللون الرمادى المائل الى الخضرة . ويستخدم اللون الاصفر للاراضى متوسطة الارتفاع التى يتراوح منسوبها بين ٢٠٠ ، ٦٠٠ م فوق مستوى سطح البحر . ويلاحظ هنا أيضا درجتان لهذا اللون ، فالاصفر الليمونى بين منسوب ٢٠٠ ، ٤٠٠ م ، والاصفر المشوب بحمرة للاراضى بين ٤٠٠ ، ٦٠٠ م . ويستخدم اللون البرتقالى كلون انتقالى بين الاراضى متوسطة الارتفاع والاراضى المرتفعة ، فهو يمثل المناطق التى يتراوح منسوبها بين ٦٠٠ ، ٨٠٠ م . ويمثل اللون البنى المتوسط الاراضى بين ٨٠٠ ، ١٠٠٠ م . أما اللون الابيض فيختص بالمناطق التى يزيد ارتفاعها عن ١٠٠ م فوق مستوى سطح البحر .

المجموعة الثانية : خرائط تبين مناطق واسعة من سطح الارض كقارة

أو اقليم كبير المساحة كشبه القارة الهندية أو شمال إيطاليا ونطاق الألب الأوروبية أو دولة ضخمة كالاتحاد السوفيتي أو الولايات المتحدة الأمريكية . وفى مثل هذه المناطق المتسعة تتباين فيها التضاريس تباينا كبيرا من مستوى سطح البحر أو دونه الى سقف العالم أو القمم الشاهقة . وتستخدم نفس ألوان المجموعة الأولى بفئات منسوب أكبر على النحو التالى :

دون مستوى سطح البحر	الرمسادي
من صفر - ٢٠٠ م	أخضر داكن
من ٢٠٠ - ٤٠٠ م	أخضر فاتح
من ٤٠٠ - ١٠٠٠ م	أصفر
من ١٠٠٠ - ٢٠٠٠ م	برتقالى فاتح
من ٢٠٠٠ - ٣٠٠٠ م	برتقالى مائل الى الحمرة
من ٣٠٠٠ - ٤٠٠٠ م	بنفسجى داكن
من ٤٠٠٠ - ٦٠٠٠ م	بنفسجى فاتح
أعلى من ٦٠٠٠ م	أبيض

وفى بعض أطالس يستخدم اللون البنى بدرجاته الفاتح والمتوسط والداكن للمناطق التى منسوبها بين ٢٠٠٠ الى ٣٠٠٠ م ، ٣٠٠٠ الى ٤٠٠٠ م ، ٤٠٠٠ الى ٥٠٠٠ م على الترتيب ، ثم اللون البنفسجى من ٥٠٠٠ الى ٦٠٠٠ م ، فاللون الأبيض للمناطق التى يزيد ارتفاعها عن ٦٠٠٠ م .

وتظهر المسطحات البحرية والمحيطية على الخريطة الاطلسية والحائطية باللون الازرق بدرجاته ، ويزداد عمق اللون الازرق مع تزايد أعماق المسطح البحرى . ويلاحظ هنا أيضا اختلاف فئات اللون باختلاف مساحة ما تبينه الخريطة . وفى الخرائط التى تبين المناطق الساحلية ، يستخدم اللون الازرق الفاتح جدا للأعماق بين صفر ، ٥٠ م تحت مستوى البحر ، والازرق الفاتح بين ٥٠ ، ١٠٠ م ، والازرق المتوسط للأعماق التى تزيد عن ١٠٠ م .

أما فى الخرائط التى تبين المحيطات أو البحار الواسعة فيستخدم التسلسل اللونى التالى للأعماق المقابلة :

صفر - ٢٠٠ م تحت مستوى سطح البحر أبيض
 ٢٠٠ - ١٠٠٠ م تحت مستوى سطح البحر أزرق فاتح جدا
 ١٠٠٠ - ٢٠٠٠ م تحت مستوى سطح البحر أزرق فاتح
 ٢٠٠٠ - ٤٠٠٠ م تحت مستوى سطح البحر أزرق متوسط
 ٤٠٠٠ - ٦٠٠٠ م تحت مستوى سطح البحر أزرق داكن
 أكثر من ٦٠٠٠ م تحت مستوى سطح البحر أزرق داكن جدا

٢ - الخرائط الطبوغرافية : تلون الخرائط الطبوغرافية بالسوان اصطلاحية متفق عليها ، فاللون الاخضر للاراضى الزراعية والحدائق والمتنزهات ، واللون الرمادى للاراضى السبخية ، واللون الاصفر للطرق والاراضى الفضاء والاراضى الصحراوية ، واللون الرمادى المائل للزرقة للطرق المرصوفة . أما اللون الاحمر الطوبى أو البنى الداكن فاللمباني الحكومية ، واللون الطوبى الفاتح للمباني غير الحكومية . يستخدم اللون الاحمر القانى لطرق الدرجة الأولى ، والبرتقالى لطرق الدرجة الثانية . أما اللون الازرق فيستخدم فى تمثيل المسطحات المائية سواء كانت مجارى نهريه أو بحيرات أو برك . وتمثل الأودية الجافة بخطوط متصلة أو متقطعة باللون الاخضر . يستخدم اللون البنى فى رسم خطوط الكنتور ، وقد تلون - فى بعض الخرائط - فئات كنتورية مختارة بدرجات من هذا اللون .

٣ - الخرائط الجيولوجية : يستخدم فى الخرائط الجيولوجية ألوان كثيرة تنصف بالتناظر . وتبين هذه الالوان المتضاربة اما أنواعا صخرية معينة أو أقساما جيولوجية مختلفة . ومن المعروف أن الزمن الجيولوجى العام للارض ينقسم الى أحقاب وعصور وأدوار ، كما تنقسم الصخور الى مجموعات وتكاوين وأعضاء وطبقات . يمكن دمج التقسيم الزمنى مع التقسيم الصخرى فى تقسيم آخر يعرف بالوحدات الزمنية الصخرية . وينقسم هذا التقسيم الى نظم ومراحل وأنسقة . وأيا كان التقسيم المتبع فى الخرائط الجيولوجية فقد اتفق على اعطاء كل قسم من الاقسام الرئيسية لون معين وتعطى التقسيمات الفرعية منه ألوان مشتقة من هذا اللون .

وهناك ألوان أصبحت اصطلاحية تتبع فى الخرائط الجيولوجية ذات مقياس الرسم الكبير ، فاللون الاحمر للصخور النارية والبنفسجى للصخور

المتحولة . أما الصخور الرسوبية فالوانها متعددة فالأخضر للحجر الرملى والازرق للحجر الجبرى والرمادى للصلصال والبني الفاتح للطفل والبرتقالى للمارل والاصفر للكونجلو ميرات . وأحيانا يستعمل مع اللون اشكالا تظليلية مختلفة للتفرقة بين الصخور من النوع الواحد ذات صفات ثانوية معينة .

أما الخرائط الجيولوجية على أساس زمنى ، فالوانها لها دلالة خاصة . فخرائط مصر الجيولوجية مقياس ١ : ٢ مليون على سبيل المثال مبنية على أساس عصور ، وتستخدم اللون الاحمر واللون البنفسجى لصخور ما قبل الكامبرى ، واللون البنى لصخور الحجر الرملى النوبى غير المعروفة العمر الا فى قطاعها العلوى الذى ينتمى للكريتاسى الأسفل ، واللون الأخضر لصخور الكريتاسى الأعلى، واللون الازرق لصخور عصر الايوسين، والبرتقالى للاوليجوسين ، والاصفر للميوسين ، والكريمى للبليوسين ، والباف (لون البشرة) لصخور الزمن الرابع البليستوسين والهولوسين . أما اللون الرمادى الفاتح فيدل على طمى النيل . ويلاحظ فى هذه الخريطة أنها قد اتبعت الاساس الصخرى بالنسبة لكل من الحجر الرملى النوبى وطمى النيل والاساس الزمنى لأنواع الصخرية الأخرى التى تكون أرض مصر .

وتستخدم الخرائط الجيولوجية فى الاطالس الاساس الزمنى فى الوانها ماعدا بالنسبة للصخور البركانية (الطفحية) والصخور المتداخلة . ويمثل صخور ما قبل الكامبرى (مناطق الدروع الصلبة القديمة) اللون الطحىنى، ويمثل صخور الزمن الاول (الباليوزوى) اللون البنفسجى . أما الصخور التابعة للزمن الثانى (الميزوزوى) فقد استخدم فى تمثيلها ألوان البرتقالى لعصر الترياسى والاصفر والليمونى لعصر الجوارسى والأخضر لعصر الكريتاسى . ويمثل اللون الزيتونى الفاتح صخور الزمن الثالث (الكانيزوزوى) أما الاصفر الباهت فلصخور الزمن الرابع . أما بالنسبة للصخور الطفحية والمتداخلة فقد استخدم الاحمر الدموى للاولى والاحمر القانى للثانية .

٤ - الخرائط المناخية : للخرائط المناخية ألوانها الخاصة ، فتستخدم خرائط الحرارة اللون الاحمر بدرجاته ويزداد عمق اللون مع الارتفاع فى درجة الحرارة . أما المناطق القطبية الباردة فيمثلها اللون البرتقالى الفاتح

واللون الاصفر . وتستخدم خرائط الضغط اللون البنفسجى بدرجاته واحياء الاصفر ، ويزداد عمق اللون مع الارتفاع فى الضغط الجوى . أما خرائط المطر فالوانها التى تميزها معروفة ، فاللون الازرق بدرجاته للمناطق المطيرة والاصفر للمناطق شبه الجافة والبرتقالى الفاتح للمناطق الجافة ، واللون البرتقالى وأحيانا البنى للمناطق الشديدة الجفاف .

٥ - خريطة الكثافة السكانية : تعتبر من أشهر خرائط الجغرافيا البشرية ، وهى تجمع بين توزيع كثافة السكان واختلافها من منطقة لأخرى بالإضافة الى بيان توزيع المدن الرئيسية حيث تبين تركيز سكانى عالى فى مساحة محدودة هى مساحة المدينة . وتدرج الالوان المستخدمة فى تلك الخريطة من الابيض فى المناطق المخلخلة سكانيا الى الاصفر الليمونى الى البرتقالى بدرجاته الفاتح والداكن الى البنى بدرجاته الثلاث الفاتح والمتوسط والداكن الى الاحمر القانى للمناطق ذات الكثافة العالية . أما المدن فتبين بمربعات أو نقط سوداء اللون .

٦ - الخرائط الاقتصادية : وهى مجموعة ضخمة تبين أوجه النشاط الاقتصادى المختلفة . وليس لهذه الخرائط ألوان اصطلاحية خاصة ، اذ تستخدم ألوان مختلفة يبين مدلولها مفتاح الخريطة .

٧ - الخرائط الاجتماعية : وهى مجموعة كبيرة تبين النواحي الاجتماعية المختلفة كاللغة والديانة والتعليم والحالة الاجتماعية . . . الخ . وليس لهذه الخرائط ألوان اصطلاحية متفق عليها ، ويبين مفتاح الخريطة مدلول الالوان المستخدمة .

الفصل السادس عشر

مساقط الخرائط

من المعروف أن الخريطة هي الشكل أو الصورة المصغرة لمظاهر سطح الأرض الكروي ، أو لجزء منه . وعند رسم أية خريطة لابد من تحديد مواقع عدد من النقاط الأساسية على سطح الأرض . ويتم هذا التحديد بواسطة دوائر العرض واقواس الزوال التي نرسمها على الخريطة . وبواسطة هذه الخطوط يمكننا تحديد مواقع المظاهر الجغرافية على الخريطة بعد معرفة درجة عرضها ودرجة طولها على الطبيعة .

والمعروف عن شبكة دوائر العرض وخطوط الزوال أن دوائر العرض تمثل على الكرة الأرضية بدوائر كاملة موازية لبعضها ، وأن خطوط الزوال تمثل بأقواس متعامدة على تلك الدوائر تلتقى عند القطبين . ولرسم هذه الشبكة على لوحة مستوية بنفس أبعادها وزواياها الحقيقية يكون ذلك أمرا مستحيلا ، إلا إذا رسمت على لوحة على شكل كرة ، أو عندما تقطع اللوحة المستوية إلى أجزاء بيضاوية مدببة الأطراف وتتم مطابقتها على سطح الكرة .

وعلى هذا الأساس لا يمكننا رسم تلك الشبكة الفلكية على الخريطة بنفس الأبعاد والاتجاهات التي على سطح الأرض الكروي لتحقيق جميع خصائص الشكل التي تتركز في المسافات الصحيحة والمساحات الصحيحة والاتجاهات الصحيحة والأشكال الصحيحة . والمساقط عبارة عن طريقة لرسم هذه الشبكة الفلكية على اللوحة المستوية لتحقيق شرط من شروط الجسم الكروي . لذلك تعددت طرق رسم المساقط وكل طريقة تحقق أحد هذه الشروط .

وقد جرت محاولات للتخفيف من تشويه الأغراض الأخرى وذلك بابتكار

مساقط معدلة اتبع فى رسمها حسابات خاصة ، بينما المساقط الاصلية رسمت بطرق هندسية ثابتة . وتعتمد الفكرة الاساسية لرسم المسقط على :

١ - شكل اللوحة :

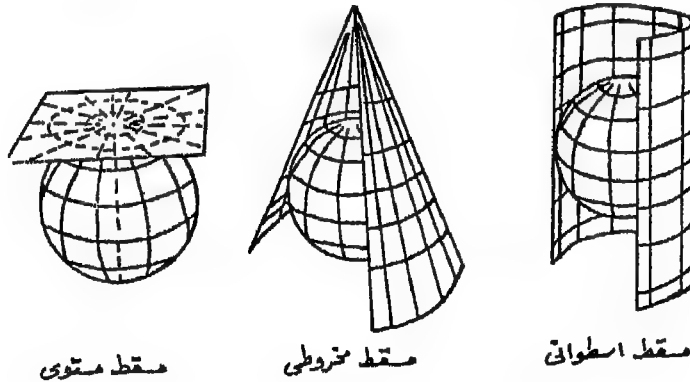
فقد تكون اللوحة على شكل أسطوانى (المساقط الاسطوانية) ، أو مخروطى (المساقط المخروطية) ، أو مستوى (المساقط المستوية) شكل ١٩٧ .

ب - وضع اللوحة من الكرة الارضية :

فقد تكون اللوحة مماسة للكرة عند الدائرة الاستوائية (مسقط استوائى) ، أو عند أحد القطبين (مسقط قطبى) ، أو عند أى دائرة عرض (مسقط منحرف) .

ج - وجود المنبع الضوئى بالنسبة للكرة الارضية :

فقد يكون فى مركز الارض (مسقط مركزى) ، أو على الدائرة الاستوائية (مسقط مجسم) ، أو على بعد يساوى نصف الوتر بين القطب والدائرة الاستوائية (مسقط كروى) ، أو على بعد لا نهائى (مسقط صحيح) .



شكل رقم (١٩٧)

أولا - المساقط المستوية

وهى المساقط التى تختص برسم نصف الكرة الارضية أو جزء منها ، وفيها تكون اللوحة مستوية وتمس الكرة ، أما عند الدائرة الاستوائية أو أحد القطبين أو أى نقطة أخرى بينهما .

١ - المسقط الاستوائى المركزى :

خصائصه :

- ١ - المنبع الضوئى عند مركز الكرة .
- ٢ - تظهر دوائر العرض على شكل أقواس تنحنى نحو الدائرة الاستوائية كما تتباعد عن بعضها كلما اتجهنا نحو القطبين . وتظهر الدائرة الاستوائية على شكل خط مستقيم يعتمد على خط الزوال الاوسط .
- ٣ - تظهر خطوط الزوال مستقيمة ومتوازية ، وتتباعد عن بعضها كلما اتجهنا شرقا أو غربا عن خط الزوال الاوسط .

مميزاته وعيوبه :

- ١ - لا تعتمد خطوط الزوال على دوائر العرض ، لذلك فهو لا يحقق شروط الاتجاه الصحيح الا على خط الزوال الاوسط والدائرة الاستوائية .
- ٢ - لا يحقق أى شرط من الشروط الأخرى الخاصة بالشكل الكروى للكرة الأرضية لا المسافات الصحيحة ولا المساحات الصحيحة ولا الاشكال الصحيحة .
- ٣ - يزداد التشويه كلما اتجهنا شرقا أو غربا ، شمالا أو جنوبا عن نقطة التماس حتى أنه لا يظهر منطقة القطب .

استعمالاته :

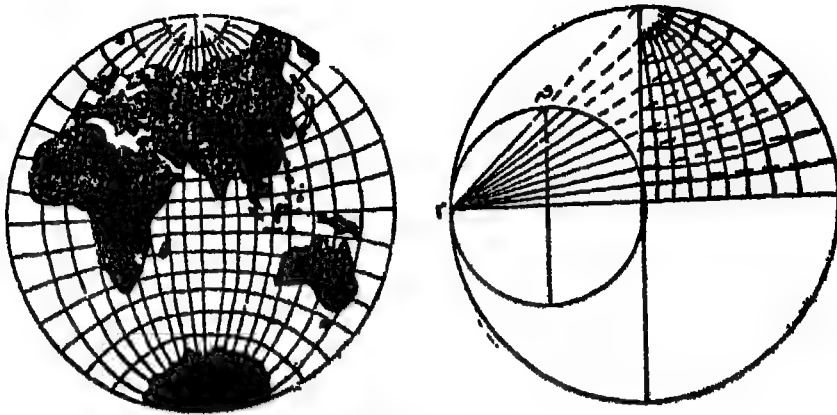
- لا يصلح الا لرسم المناطق التى لا تبتعد عن خط الاستواء بأكثر من ١٥ - ٢٠° شمالا وجنوبا ، وبنفس هذا المقدار عن خط الزوال الاوسط شرقا أو غربا . فهو يصلح لرسم قارة أفريقيا وبخاصة أجزائها الوسطى ، بينما لا يصلح لرسم قارة آسيا مثلا التى تمتد كثيرا فى أطرافها .

٢ - المسقط الاستوائى المجسم :

خصائصه :

- ١ - المنبع الضوئى عند نهاية القطر الاستوائى المماس للوحة .

- ٢ - تظهر دوائر العرض على شكل أقواس تنحني نحو الدائرة الاستوائية وتتباعد عن بعضها كلما اتجهنا نحو القطبين .
- ٣ - تظهر خطوط الزوال على شكل أقواس تتباعد عن بعضها كلما بعدنا عن خط الزوال الاوسط الذى يظهر مستقيما عموديا على خط الاستواء (شكل ١٩٨) .



المسقط الاستوائى الممّس

شكل رقم (١٩٨)

مميزاته وعيوبه :

- ١ - لا تتعامد خطوط الزوال على دوائر العرض ، لذلك فهو لا يحقق شرط الاتجاه الصحيح الا على خط الزوال الاوسط والدائرة الاستوائية .
- ٢ - ادى تباعد دوائر العرض وخطوط الزوال الى عدم تحقيق شرطى المسافات المتساوية والمساحات المتساوية .
- ٣ - يلاحظ أن تباعد أقواس الزوال ودوائر العرض عن بعضها ليس مبالغا فيه - كما هو الحال فى المسقط المركزى ، الامر الذى يؤدى الى امكان ظهور القطبين على اللوحة ، وظهور نصف الكرة الارضية كاملا على شكل دائرة بالاضافة الى تلطيف شكل القارات نسبيا .

استعمالاته :

من أنسب المساقط لرسم القارة الافريقية ، اذ تزداد المنطقة التى لا يظهر فيها التشويه واضحا لتشمل منطقة نصف قطرها ٣٠ - ٤٠ ' .

٣ - المسقط الاستوائى الكروى (المسافات المتساوية) :

خصائصه :

١ - يقع المنبع الضوئى خارج الكرة الارضية وعلى امتداد القطر الاستوائى بمسافة تساوى نصف طول الوتر الواصل بين خط الاستواء وأحد القطبين .

٢ - تتعامد الدائرة الاستوائية والتى تظهر كخط مستقيم على خط الزوال الاوسط .

٣ - خطوط الزوال عبارة عن أقواس المسافات بينها متساوية على دائرة العرض الواحدة ، وتقترب من بعضها كلما بعدنا عن دائرة الاستواء حتى تلتقى عند القطبين .

٤ - دوائر العرض عبارة عن أقواس تنحنى نحو خط الاستواء، وتبعد عن بعضها بمسافات متساوية على خط الزوال الواحد (شكل ١٩٩) .

مميزاته وعيوبه :

١ - يحقق شرط المسافات المتساوية، اذ أن خط الزوال أو دائرة العرض تناظر أو تساوى نظيرتها على الكرة الارضية .



المسقط الاستوائى الكروى

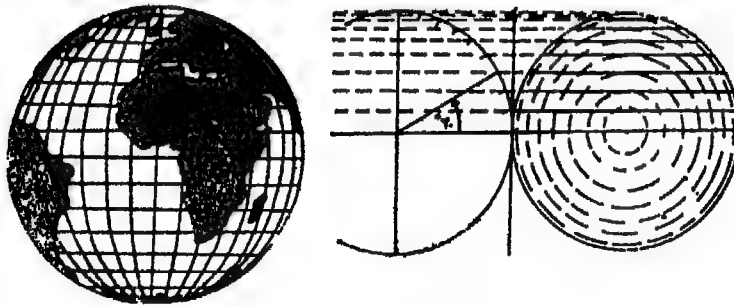
شكل رقم (١٩٩)

٢ - لا يحقق شرط الاتجاه الصحيح الا على الدائرة الاستوائية وخط الزوال الاوسط .

استعمالاته :

- ١ - يستعمل لايضاح الشكل الكروى لسطح الارض .
 - ٢ - فى رسم خطوط الملاحة البحرية عبر المحيطات والبحار ، وكذلك لرسم خرائط التيارات البحرية ، وفى بعض خرائط التوزيعات الاقتصادية والنقل لما يحققه من شرط المسافات المتساوية .
 - ٤ - المسقط الاستوائى الصحيح :
- خصائصه :

- ١ - المنبع الضوئى فى نقطة بعيدة جدا عن الكرة الارضية فتسقط أشعته عليها متوازية .
- ٢ - تظهر دوائر العرض على شكل خطوط مستقيمة متوازية وتتقارب الى بعضها البعض كلما اقتربت من القطبين .
- ٣ - تظهر خطوط الزوال على شكل أقواس تتقارب من بعضها كلما اقتربت من القطبين حتى تلتقى عنده ، كما تقترب من بعضها كلما بعدت عن خط الزوال الاوسط شرقا أو غربا (شكل ٢٠٠) .



شكل رقم (٢٠٠)

مميزاته وعيوبه :

- ١ - يظهر التشويه فى شكل الخريطة واضحا فى جميع أطرافها البعيدة عن المركز .

٢ - يحقق شرط الابعاد والمساحات والشكل الصحيح فى المنطقة الوسطى من الخريطة فقط .

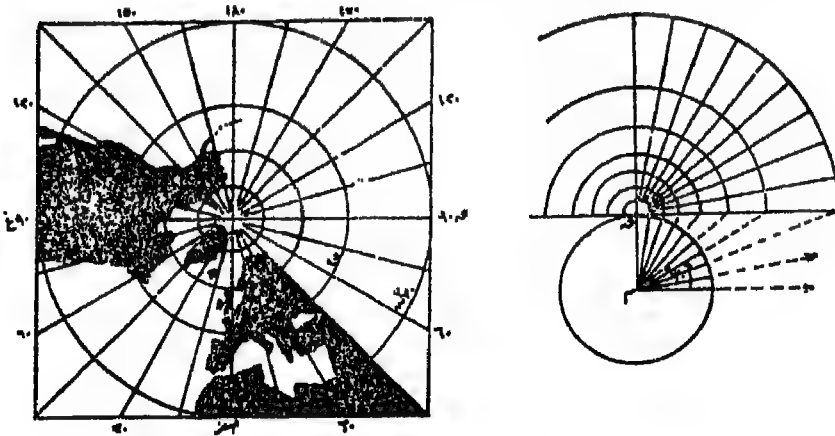
٣ - يحقق شرط الاتجاه الصحيح على خط الزوال اء وسط فقط .

خصائصه :

يستعمل فى رسم الخرائط التى لا تحتاج الى مقياس رسم دقيق ، مثل خرائط الارض والقمر .

٥ - المساقط القطبية المستوية :

وهى المساقط التى توضح القطبين والمناطق المحيطة بهما . ورغم اختلاف وضع المنبع الضوئى فى هذا النوع من المساقط، الا انها تتفق جميعا فى ظهور خطوط الزوال على شكل خطوط مستقيمة تنبع من نقطة واحدة هى القطب والزوايا المحصورة بينها تساوى نظيراتها على سطح الكرة الارضية . كما تظهر دوائر العرض على شكل دوائر مركزها نقطة القطب، وان كانت تختلف المسافات فيما بينها تبعا لموضع المنبع الضوئى . ونتيجة لذلك فهذا المسقط فى جميع أشكاله يحقق شرط الاتجاه الصحيح لتعامد خطوط الزوال على دوائر العرض . وفيما يلى بعض الملاحظات على الاشكال المختلفة للمساقط القطبية المستوية (اشكال ٢٠١ ، ٢٠٢ ، ٢٠٣ ، ٢٠٤) .



المسقط القطبى المركزى

شكل رقم (٢٠١)

١) القطبى المركزى :

١ - تزداد المسافة بين دوائر العرض كلما بعدنا عن القطب ، ولا تظهر دائرة الاستواء .

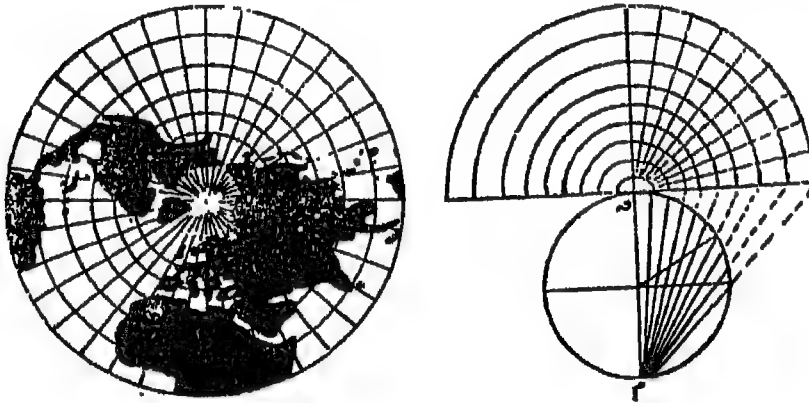
ب - يزداد التشويه كثيرا كلما بعدنا عن نقطة التماس (القطب) ويزداد هذا التشويه بصورة كبيرة بعد دائرة العرض ١٥° .

ج - يصلح لرسم المناطق التى تقع بين القطب ودائرة عرض ٧٠° شمالا أو جنوبا فقط .

ب) القطبى المجسم :

١ - تقل درجة التشويه بين دوائر العرض عن المسقط السابق وتظهر دائرة الاستواء على شكل دائرة مركزها نقطة القطب .

ب - يصلح لرسم المناطق التى تقع فيها بين القطب وحتى دائرتى عرض ٤٥° شمالا وجنوبا .



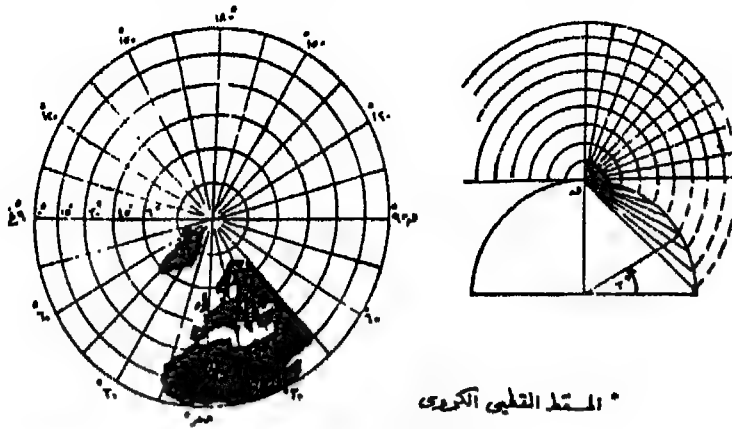
المقطب القطبى المجسم

شكل رقم (٢٠٢)

ج) القطبى الكروى :

١ - يحقق شرطى الاتجاه الصحيح والمسافات الصحيحة على خطوط الزوال فقط ، وليس على دوائر العرض . كما يحقق شرط المساحات الى حد ما ، وبخاصة فيما بين القطب حتى دائرة عرض ٦٠° .

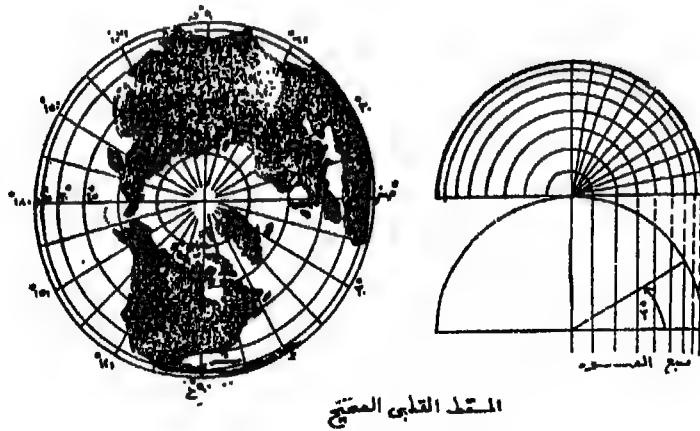
ب - من أكثر المساقط استخداما فى الاطالس خاصة المناطق القطبية .



شكل رقم (٢٠٣)

د) القطبى الصحيح :

أ - تظهر دوائر العرض مرسومة بأنصاف أقطارها الحقيقية على الكرة الارضية ، ولذلك فالمسافات التى تقاس عليها تكون صحيحة حسب مقياس الرسم .



شكل رقم (٢٠٤)

ب - أما خطوط الزوال فلا تتفق مع أطوالها على الطبيعة ، اذ ترسم تبعا لمسقطها .

ج - تقل المسافة بالتدريج بين دوائر العرض كلما بعدنا عن القطب ،
مما يؤدي الى حدوث تشويه سلبي ، لذلك فهو لا يحقق شرط الشكل
الصحيح . وهو ان دل على ذلك الا أنه يدل فعلا على هذا المظهر لو نظرنا
الى الكرة الارضية من مكان بعيد .

ثانيا - المساقط المخروطية

فى هذا النوع من المساقط قد تكون اللوحة على شكل مخروط يمس
احدى دوائر العرض الى الشمال أو الجنوب من دوائر الاستواء . وقمة
المخروط على امتداد المحور القطبى . ولا يمكن أن يمس المخروط دائرة
الاستواء والا فإنه يتحول الى اسطوانة . وتختص هذه المساقط برسم أجزاء
من الكرة الارضية فقط ، وبخاصة المناطق فيما بين دائرتى عرض ٣٠ ، ٦٠
شمالا وجنوبا .

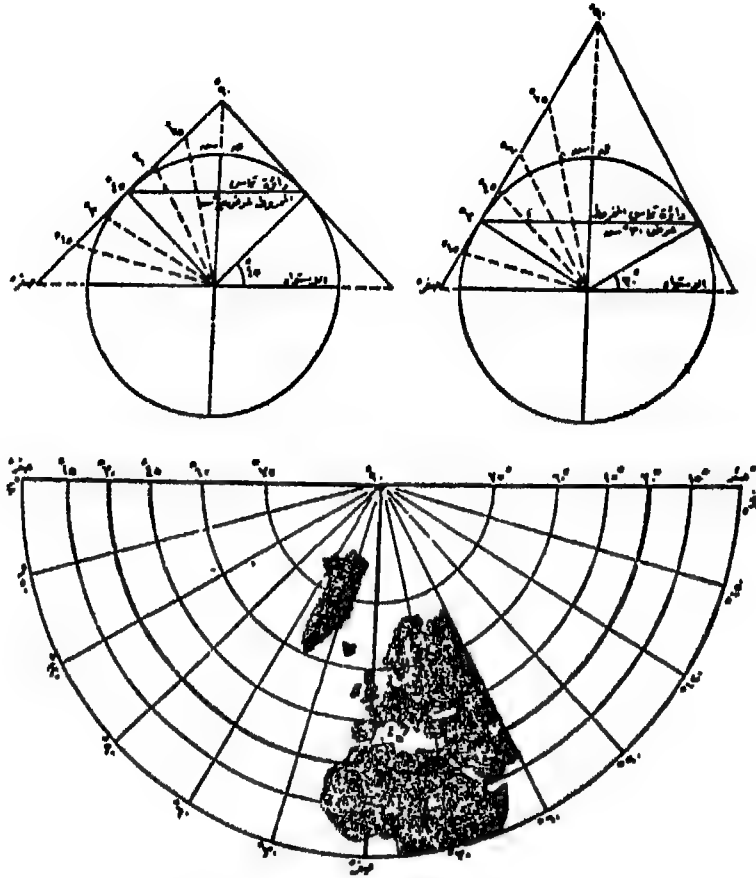
١ - المسقط المخروطى المركزى (المنظور) :

خصائصه :

- ١ - المنبع الضوئى موجود فى مركز الكرة .
- ٢ - تظهر دوائر العرض على شكل أقواس من دوائر متحدة المركز
(نقطة القطب) . وتزداد المسافة بين دوائر العرض كلما بعدنا عن دائرة
التماس شمالا أو جنوبا .
- ٣ - تظهر خطوط الزوال على شكل خطوط مستقيمة تنبع من نقطة
القطب ، وتقل الزوايا فيما بينها عن حقيقتها على سطح الكرة فيما عدا
على دائرة العرض الرئيسية حيث تطابق الزوايا على سطح الكرة (شكل
٢٠٥) .

مميزاته وعيوبه :

- ١ - يحقق شرط الاتجاه الصحيح لتعامد خطوط الزوال على دوائر
العرض .
- ٢ - المسافات بين خطوط الزوال على دائرة العرض الرئيسية تطابق
نظيراتها على الكرة وتختلف فى قيمتها على باقى دوائر العرض شمالا
أو جنوبا .



الخط المنحني البسيط "دائرة عرض رئيسية واحدة"

شكل رقم (٢٠٥)

٣ - هذا المسقط قليل الاستعمال قليل الفائدة ، ويقصد به مجرد تفسير طريقة بناء المساقط المخروطية .

٤ - اذا استخدم فى رسم خرائط ، فيقتصر على رسم مناطق محدودة جدا لا تبعد عن شبكة المخروط كثيرا اذ يلاحظ أن المبالغة فى الابعاد تزداد كلما بعدنا عن دائرة العرض الرئيسية شمالا وجنوبا وعن خط الزوال المركزى شرقا وغربا .

٢ - المسقط المخروطى البسيط :

- ١ - من المساقط غير المنظورة (حسابى) .
 - ٢ - ترسم دوائر العرض كاقواس من دوائر ذات مركز واحد هو قمة المخروط ، وتحسب دوائر العرض الرئيسية حسب طولها الفعلى ، وتقسم الى اقسام متساوية (تقاطع خطوط الزوال معها) كنظائر على الطبيعى .
 - ٣ - ترسم دوائر العرض الاخرى على ابعاد متساوية ومساوية لنفس ابعادها على سطح الكرة ، ويظهر القطب على شكل قوس من دائرة .
 - ٤ - تظهر خطوط الزوال على شكل خطوط مستقيمة تتقاطع مع دوائر العرض ، بزوايا قائمة وان كانت الزوايا بين هذه الخطوط غير حقيقية .
- مميزاته وعيوبه :

- ١ - يحقق شرط الاتجاه الصحيح والمسافات الصحيحة على كل خطوط الزوال ودائرة العرض الرئيسية فقط .
- ٢ - كما يحقق شرط الشكل الصحيح على دائرة العرض الرئيسية فقط .
- ٣ - يصلح للمناطق التى تمتد كثيرا بين خطوط الزوال ولا تمتد بين دوائر العرض .

٣ - المسقط المتعدد المخاريط :

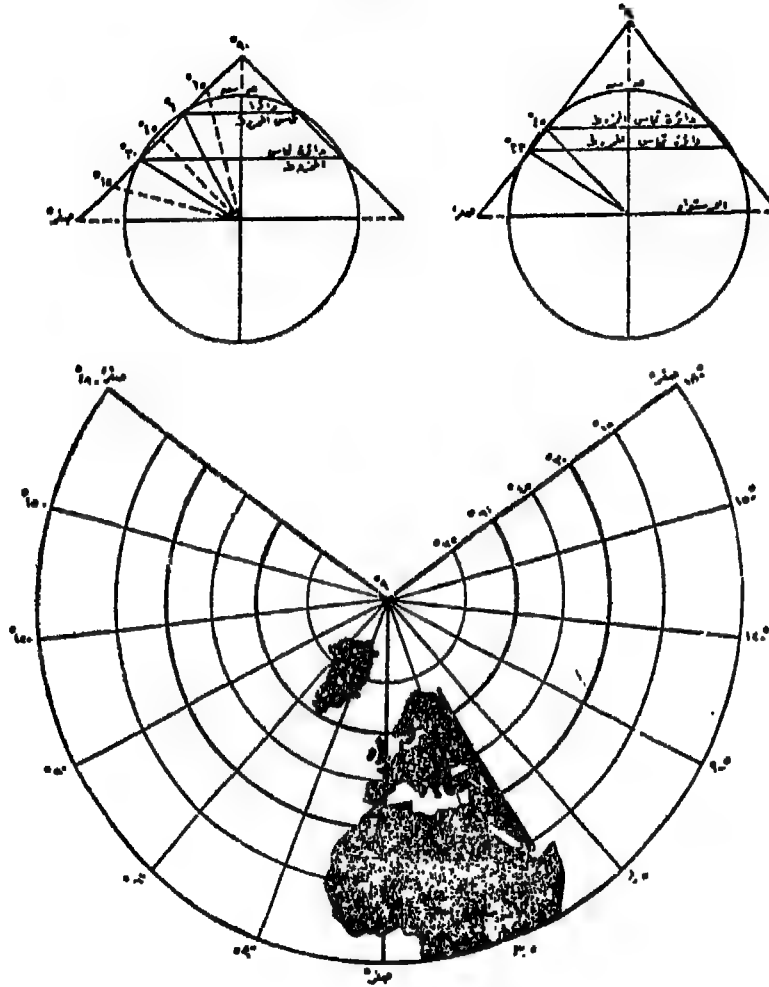
خصائصه :

- ١ - مسقط مخروطى حسابى، ولا يظهر دائرة الاستواء (شكل ٢٠٦) .
- ٢ - ترسم دوائر العرض من مراكز مختلفة على خط الزوال المركزى . وتمثل كل منها قمة المخروط المماس لكل دائرة عرض ، فتظهر غير موازية ومماثلة لطولها على الطبيعة ، كما لا تكون المسافات فيما بينها مناظرة لما هو على الطبيعة .
- ٣ - تظهر خطوط الزوال ماعدا المركزى منحنية وتبدأ من القطب ، والمسافات فيما بينها على دوائر العرض المختلفة تساوى ما يقابلها على الطبيعة .

مميزاته وعيوبه :

١ - يحقق هذا المسقط شرطاً المساواة على دوائر العرض المختلفة وعلى خط الزوال المركزى فقط .

٢ - لا يحقق شرطى الاتجاه الصحيح أو الشكل الصحيح ، ويشوه الشكل كلما بعدنا عن خط الزوال المركزى .



المسقط المخروطى القاطع (دائرتا التماس ٢٠° و ٦٠°)

شكل رقم (٢٠٦)

استعمالاته :

يستخدم لرسم الخرائط الطبوغرافية للبلدان ، كما يستخدم فى رسم

القارات العرضية الشكل مثل : استراليا أو الولايات المتحدة وكندا .

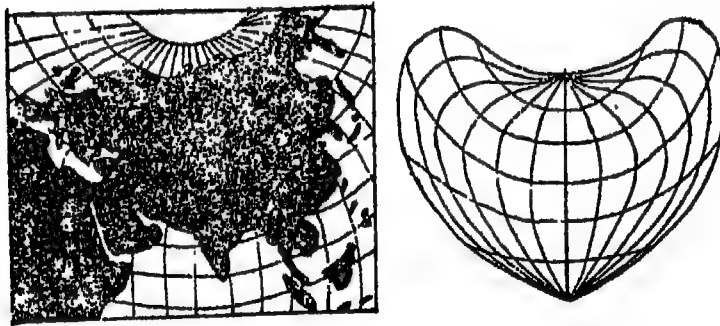
٤ - مسقط بون :

خصائصه :

- ١ - مسقط حسابى معدل من المسقط المخروطى البسيط .
- ٢ - ترسم دوائر العرض من مركز مشترك ، وعلى أبعاد متساوية على خط الزوال المركزى وتساوى نظائرها على الكرة .
- ٣ - تظهر خطوط الزوال - ماعدا المركزى منها - على شكل منحنيات تبدأ من القطب ، والمسافات فيما بينها على دوائر العرض المختلفة تساوى ما يقابلها على الطبيعة (شكل ٢٠٧) .

مميزاته وعيوبه :

- ١ - يحقق شرط المساحات المتساوية والمسافات المتساوية على خط الزوال المركزى ، وعلى كل دوائر العرض .
- ٢ - لا يحقق شرطى الاتجاه الصحيح والشكل الصحيح ، الا على خط الزوال المركزى .



مسقط بون

شكل رقم (٢٠٧)

استعمالاته :

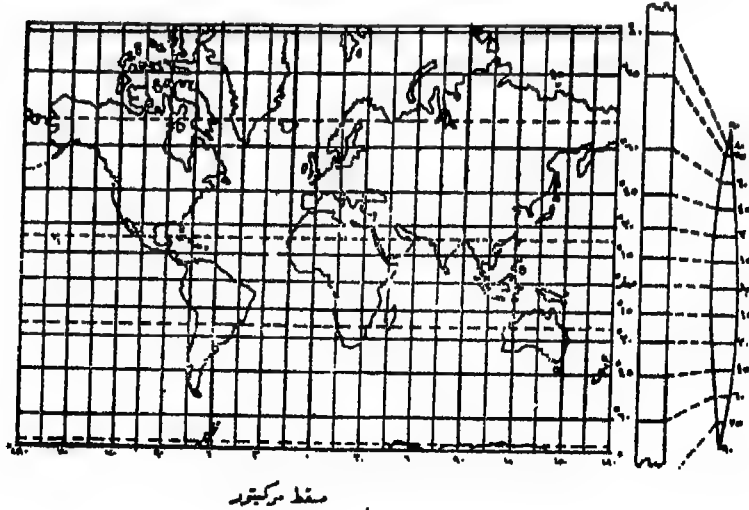
- ١ - يستعمل فى رسم الخرائط الطبوغرافية وخرائط التوزيعات .
- ٢ - يستعمل فى رسم القارات والدول التى تمتد عرضيا مثل: أوراسيا والصين واستراليا .

ثالثا - المساقط الاسطوانية

يختص هذا النوع من المساقط برسم الخرائط التى تبين العالم كله .
وتكون اللوحة (قبل فردها) على شكل اسطوانة تمس الكرة الارضية عند
دائرة الاستواء . ويمتاز بأنه يحقق - فى جميع اشكاله - شرط الاتجاه .
الصحيح ، نظرا لمتعامد خطوط الزوال على دوائر العرض والتى تظهر على
شكل خطوط مستقيمة متوازية متعامدة على بعضها .

١ - المسقط الاستوائى المركزى (مركبتور) : خصائصه :

- ١ - يفترض فيه وضع المنبع الضوئى فى مركز الكرة .
- ٢ - تظهر خطوط الزوال متوازية ، والابعاد بينها متساوية وتساوى
نظايراتها على دائرة الاستواء . (وهذا مخالف للواقع اذ ان الابعاد بينها
تقل كلما اتجهنا نحو القطبين) .
- ٣ - تظهر دوائر العرض مستقيمة ومتوازية ، والابعاد فيما بينها
تزداد كلما اتجهنا نحو القطبين (الحقيقة ان الابعاد بينها متساوية على
سطح الكرة) شكل ٢٠٧ .



شكل رقم (٢٠٨)

مميزاته وعيوبه :

- ١ - لا يحقق سوى شرط الاتجاه الصحيح .
- ٢ - يحقق شرط المسافات الصحيحة والشكل الصحيح على دائرة الاستواء فقط ، ويزداد التشويه كلما اتجهنا نحو القطبين ويبلغ أقصاه بعد دائرة العرض ٦٠° شمالا وجنوبا .
- ٣ - لا يظهر فيه القطبان نظرا لمتوازي الشعاع المتجه اليهما من مركز الكرة مع الاسطوانة .

استعمالاته :

- ١ - يستعمل فى رسم الخرائط التى تستخدم للأغراض البحرية أو الجوية وخرائط التيارات البحرية حيث أنه يعطى الانحراف الصحيح .
- ٢ - يستعمل فى رسم المناطق التى تمتد عرضيا عند دائرة الاستواء التى لا تتعدى ٢٠° شمالا أو جنوبا .

٢ - المسقط الاستوائى المجسم (جول) :

خصائصه :

- ١ - معدل من المسقط الاستوائى المجسم الذى يوجد فيه المنبع الضوئى على محيط الكرة ، الا أن الاسطوانة تقطع الكرة عند دائرتى عرض بدلا من تماسها لدائرة الاستواء .
- ٢ - تظهر المسافات بين دائرتى العرض الرئيسيتين أقل من حقيقتها كلما بعدنا عنهما .
- ٣ - يظهر فيه القطبان على شكل خط مستقيم بدلا من ظهورهما على شكل نقطة كما هو الحال على الكرة .
- ٤ - المسافات بين خطوط الزوال متساوية وتساوى نظيراتها على دائرتى العرض الرئيسيتين ، فتبدو أقل من حقيقتها بين دائرتى العرض وأكبر من حقيقتها خارجهما .

مميزاته وعيوبه :

- ١ - يحقق شرط الاتجاه الصحيح ، بالإضافة الى المسافة الصحيحة على دائرتى العرض الرئيسيتين .

٢ - يجمع الى حد ما بين المساحات الصحيحة والاشكال الصحيحة ، خاصة فيما بين دائرتي العرض الرئيسيتين .

٣ - يقلل من التشويه الملاحظ في مسقط مركيتور ، ويكون هذا التشويه بالسالب فيما بين دائرتي العرض الرئيسيتين وبالموجب في اتجاه القطبين .

استعمالاته :

يستخدم في رسم المناطق التي تمتد عرضيا عند دائرة الاستواء ، والتي تمتد نحو الشمال والجنوب في حدود دائرتي العرض ٤٥° شمالا وجنوبا .

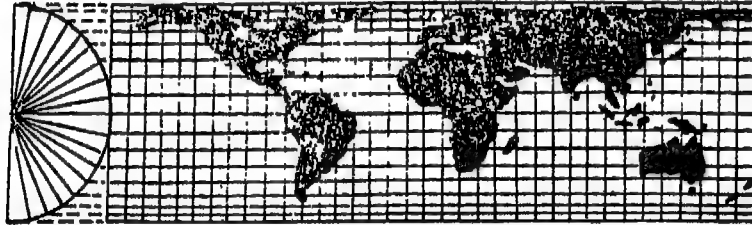
٣ - المسقط الاسطوانى الصحيح (المساحات المتساوية) :

خصائصه :

١ - يقع المنبع على بعد لا نهائى من الكرة ، فتسقط الأشعة على الاسطوانة متوازية .

٢ - تتقارب دوائر العرض كلما اتجهنا نحو القطبين .

٣ - تظهر خطوط الزوال متوازية ، والبعد بينها متساوى ويساوى نظيره على سطح الكرة عند دائرة الاستواء (شكل ٢٠٩) .



مسقط المساحات المتساوية

شكل رقم (٢٠٩)

مميزاته وعيوبه :

١ - رغم تعامد خطوط الزوال على دوائر العرض الا انه لا يحقق شرط الاتجاه الصحيح ، ونظرا لأن الانحرافات المأخوذة على خطوط الزوال أو دوائر العرض لا تطابق نظيراتها على الكرة .

٢ - يحقق شرط المساحات المتساوية على حساب الشكل .

٣ - يحقق شرط المسافات المتساوية والشكل الصحيح على دائرة الاستواء فقط .

٤ - يزداد التشويه فى الشكل كلما اتجهنا نحو القطبين ، ويكون هذا التشويه بالسالب .

٤ - المساقط الاسطوانية المعدلة :

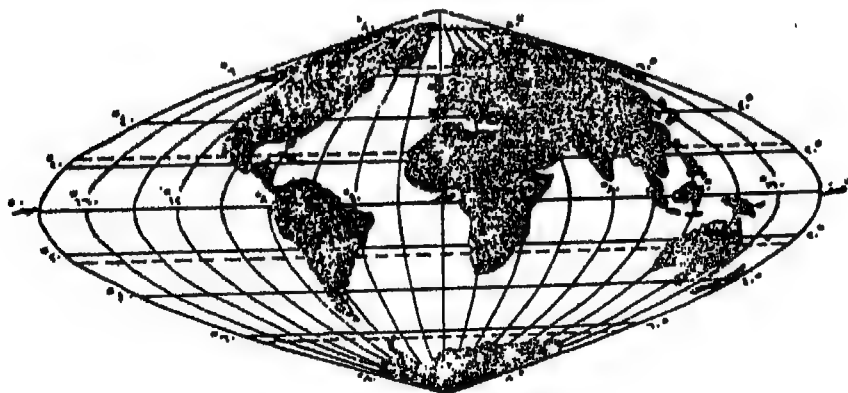
وهى مساقط مأخوذة عن المساقط الاسطوانية ، الا أنها حسابية تهمل وضع المنبع الضوئى وتهتم بتحقيق شرط المسافات الصحيحة أو المساحات الصحيحة ، وقد تلجأ أحيانا الى الاسقاط المخروطى .

(١) مسقط سانسون - فلاستيد :

خصائصه :

١ - تظهر دوائر العرض على شكل خطوط مستقيمة وقد رسمت كلها طبقا لأطوالها على الطبيعة ، والمسافات بينها متساوية وتساوى حقيقتها على الكرة .

٢ - يرسم خط الزوال المركزى طبقا لطوله على الطبيعة ، وتظهر باقى خطوط الزوال منحنية وتزداد فى انحنائها وطولها كلما بعدنا عن خط الزوال الاوسط (شكل ٢١٠) .



شكـل رقم (٢١٠)

مميزاته وعيوبه :

١ - يحقق شرط المساحات المتساوية على جميع دوائر العرض وخط الزوال المركزى فقط .

٢ - لا يحقق شرط الاتجاه الصحيح الا على خط الزوال المركزى .

استعمالاته :

١ - يستعمل فى رسم خرائط العالم التى تهتم بالتوزيعات السكانية أو الاقتصادية .

٢ - لا يفضل فى رسم القارات أو أجزائها التى تبعد كثيرا عن دائرة الاستواء أو خط الزوال المركزى مثل استراليا وأوربا .

٣ - يفضل فى رسم قارتى أفريقيا وأمريكا الجنوبية .

ب) مسقط مولفيدي :

خصائصه :

١ - مسقط معدل من مسقط سانسون - فلامستيد .

٢ - يظهر فيه خط الزوال المركزى ودائرة الاستواء مستقيمين ومتعامدين وطول خط الزوال يساوى قطر الدائرة ، وطول دائرة الاستواء ضعفه .

٣ - تظهر باقى دوائر العرض مستقيمة وموازية لدائرة الاستواء ، والمسافات بينها متساوية ومطابقة للحقيقة ، وأطوالها مطابقة لما هى عليه على سطح الكرة .

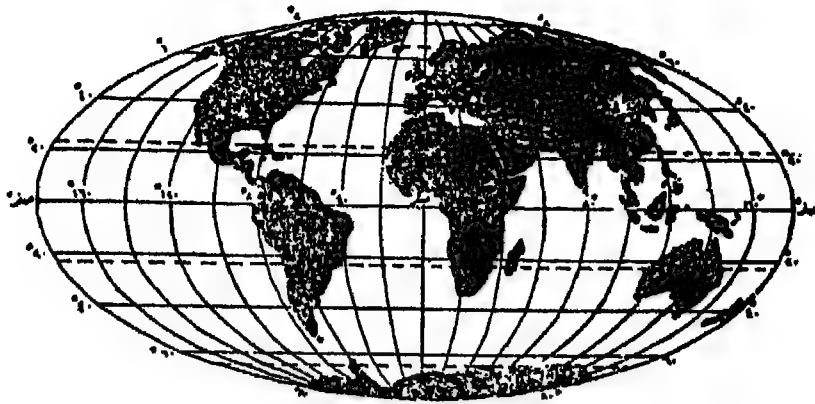
٤ - تظهر خطوط الزوال منحنية ويزداد انحناءها كلما اتجهنا نحو الشرق أو الغرب ، الا أن المسافات فيما بينها على دوائر العرض المختلفة تطابق نظيراتها على سطح الكرة الأرضية (شكل ٢١١) .

مميزاته وعيوبه :

١ - يحقق شرطى المساحات والمسافات المتساوية .

٢ - يحقق شرط الشكل الصحيح لمعظم أجزاء الخريطة ، الا أنه يبدأ فى التشويه كلما اتجهنا نحو الاطراف وهو تشويه أقل من التشويه الملاحظ فى مسقط سانسون فلامستيد .

٣ - لا يحقق شرط الاتجاه الصحيح الا على خط الزوال المركزى .



شكل رقم (٢١١)
(ج) مسقط جود المقطع للمساحات المتساوية :

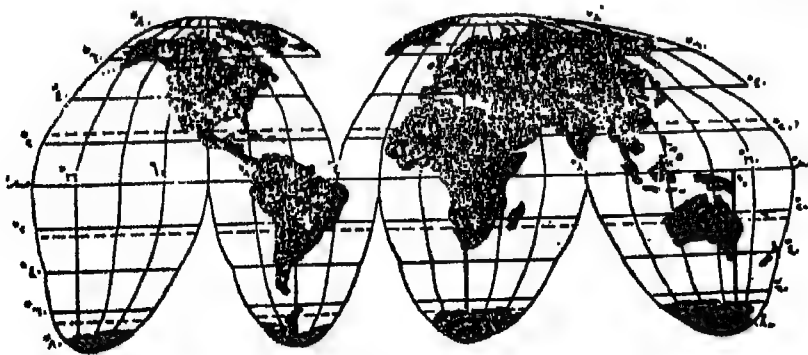
مميزاته وعيوبه :

١ - من المساقط الاسطوانية المعدلة ، وقد قطع الى عدة أجزاء للمحافظة على شرط المساحات الصحيحة والشكل الصحيح فى جميع أجزاء الخريطة .

٢ - دائرة الاستواء ودوائر العرض الموازية له مجموع أجزائها يساوى طولها الحقيقى على الكرة .

٣ - خطوط الزوال الرئيسية أكثر من خط واحد . فلكل قارة خط زوال أوسط خاص بها .

٤ - يستخدم فى رسم خرائط التوزيعات والاحصاءات الخاصة بالعالم ، مثل خرائط توزيع الحرارة والمطر والنبات الطبيعى والتربة والكثافة السكانية ٠٠٠ الخ (شكل ٢١٢) .



شكل رقم (٢١٢)

الفصل السابع عشر

الخرائط الكنتورية وقطاعاتها

يعتبر خرائط التضاريس من أهم الخرائط التى يستخدمها الجغرافى فى دراسته لسطح الارض . والجغرافى يقسم مظاهر السطح الى ظاهرات موجبة مثل الجبال والهضاب واخرى سالبة مثل السهول والاحواض . وقد يعتمد بعضهم الى تقسيم السطح الى مناطق مرتفعة ومناطق منخفضة . والجغرافى فى دراسته لسطح الارض يعامله معاملة المرح الذى تلعب عليه العوامل الجغرافية الاخرى من طبيعة وبشرية دورها ليتحدد من تفاعل هذه العوامل بعضها مع بعض الشخصية الجغرافية للمنطقة وهذا ما ترمى اليه الجغرافيا فى النهاية .

وتبرز أهمية مظاهر السطح من وجهة النظر البشرية فى ناحيتين :

١ - درجة الانحدار : لأن هذا الانحدار يؤثر فى وسائل المواصلات وفى حركة الانسان وانتقاله على سطح الارض كما أنها تؤثر أيضا فى شكل جريان المياه السطحية وما يتبع ذلك من توفر هذه المياه أو قلتها من مكان لآخر وهذا بدوره يؤثر على امكانية تركيز واستقرار الانسان فى مكان معين . كما أن لدرجة الانحدار تأثيرها المباشر فى ظاهرة انجراف التربة . ودرجة الانحدار واختلافها على طول خط معين تعطى شكل الانحدار الذى له أيضا دور مؤثر على النشاط البشرى .

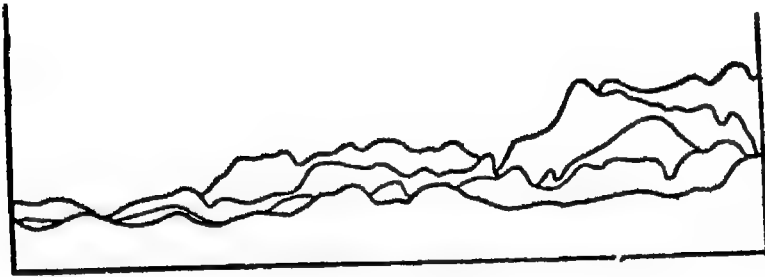
٢ - المنسوب : أى مدى ارتفاع وانخفاض السطح فى مساحة معينة ، ودراسة المنسوب وتبرز لنا الظاهرات التضاريسية فنفرق بين السهول والمرتفعات كما نفرق بين الاودية والتلال بل أنها تعطى نمطا لمدى ارتفاع السطح فى منطقة معينة كأن نقول منطقة مرتفعة أو منطقة منخفضة وثالثة متوسطة الارتفاع .

طرق تمثيل المرتفعات على الخرائط

عند تمثيل سطح الأرض على الخرائط تنشأ مشكلة بيان المظهر ذو الثلاثة أبعاد على اللوحة ذات البعدين فقط . وفى سبيل ذلك لابد من التوضيح ببعض النواحي الخاصة بإبراز درجة الانحدار أو شكل الانحدار أو المنسوب . ولهذا فقد اختلفت الطرق الكارتوجرافية الخاصة بتمثيل سطح الأرض ، كل طريقة تحقق شرط من شروط سطح الأرض الى أن اكتشف الخطوط الكنتورية فحققت كل الشروط . وقبل أن نتعرض لهذه الطريقة بالشرح والتفصيل سوف نستعرض الطرق الكرتوجرافية الأخرى :

أولا - طريقة رسم المنظور :

تمثل المرتفعات بهذه الطريقة حسب المسقط الجانبي لها (شكل ٢١٣) . وهى أن دلت على مواقع السلاسل الجبلية والتلال والسهول بصورة تقريبية فانها لا تبين الارتفاع أو درجة الانحدار .



الرسم المنظور

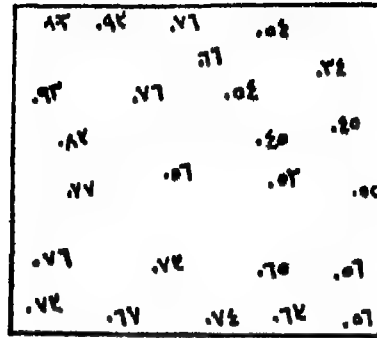
شكل رقم (٢١٣)

ثانيا - نقط المناسيب :

وهى عبارة عن البعد الرأسى بين أى نقطة على سطح الأرض وبين مستوى ثابت يعرف بمستوى المقارنة وهذا المستوى وهو متوسط منسوب سطح البحر . وقد عرفنا فى علم المساحة أن كل دولة تحدد مكانا يبدأ منه تسلسل القياس بين مستوى المقارنة وبين أى نقطة فيها مهما طالت المسافة بينهما وذلك عن طريق عدة ميزانيات الغرض منها تثبيت نقط فى الطبيعة

معروفة المنسوب فى شتى أنحاء الدولة وتعرف هذه النقط باسم الروبيرات
والتي يمكن الرجوع اليها عند الحاجة لمعرفة مناسيب الارض .

وتعطينا هذه المناسيب (شكل ٢١٤) تحديدا دقيقا لارتفاع وانخفاض
سطح الارض ، ولكنها لا تعطينا الاحساس بمدى تضرس هذا السطح . وعليه
فلا يمكننا اعتبار نقط المناسيب هدفا نهائيا لتمثيل سطح الارض على
الخرائط الجغرافية ولكن يمكن اعتبارها مرحلة أولى فى إبراز هذا التمثيل
بطرق كرتوجرافية أخرى .



شكل رقم (٢١٤)

ثالثا - خطوط الهاشور :

وهى عبارة عن خطوط تختلف فى سمكها وطولها وكثافتها تبعا لشدة
الانحدارات فهى تقل وتتباع وتزداد فى طولها ويقل سمكها فى المناطق
بطيئة الانحدار ، بينما تزداد سمكا وقصرا وازدحاما فى المناطق شديدة
الانحدار . وينعدم وجود الخطوط تماما اذا كان سطح الارض مستويا سواء
كان هذا السطح قمة جبل أو قاع وادى فتظهر المنطقة بدون تهشير .

وتعتبر خطوط الهاشور نوعا من أنواع التظليل ، وتستخدم لتعطى
الاحساس بمدى تعقد التضاريس ولكن ليس على أساس مساحى دقيق، ولذا
فانه عند تطبيق هذه الطريقة يجب أن يسبقها علم تام بطبيعة سطح الارض .
وهذه الخطوط وان كانت تحدد شكل ومكان الانحدار بصفة عامة الا أنها
لا تبين درجة هذا الانحدار أو نسبته . ولا يمكن عند استخدامها وحدها أن

تحدد مدى الارتفاع أو الانخفاض عن مستوى سطح البحر أو مستوى المقارنة .
ولهذا يكثر عند استخدام هذه الطريقة وضع العديد من نقط الارتفاع ثابتة
المنسوب فوق المناطق المرتفعة لابرازها وفى بطون الاحواض والسهول
والوديان للدلالة عليها . ومن عيوب هذه الطريقة أيضا أن هذه الخطوط
كثيرا ما تغطى على المعالم الطبوغرافية ، فلا تسهل قراءة الخريطة خاصة
إذا كانت مطبوعة باللون الاسود فقط . الى جانب صعوبة رسمها اذ أنها
تحتاج الى مهارة خاصة يقل توفرها بين صنّاع الخرائط .

ويرجع اول من استخدم خطوط الهاشور كوسيلة لتمثيل المرتفعات على
الخرائط الكرتوجرافى الالمانى «ليمان» حوالى عام ١٧٣٠ . وقد وضعها
على أساس افتراض سقوط الضوء على التضاريس الارضية من أعلى ، ومن
ثم فإن المناطق المستوية - سواء أكانت بأعلى الهضاب أو السهول قليلة
الارتفاع - لابد وأن تظهر باللون الابيض لأنها ستكون تحت الضوء مباشرة
أما المناطق المنحدرة فأنها تأخذ ظلالا داكنة تزداد مع زيادة انحدار سطح
الارض . ويمثل انحدار سطح الارض بخطوط متوازية تتبع فى انحدارها
الاتجاه الذى تنحدر اليه المياه السطحية (شكل ٢١٥) .



شكل رقم (٢١٥)

الأسس العلمية لرسم الهاشور :

استخدم ليمان طريقة الهاشور بأن قسم خريطته الى مربعات طول ضلع
كل منها بوصة واحدة ، وفى داخل كل بوصة عدد معين وثابت من خطوط
الهاشور ، واستخدم اللون الاسود تماما لأن منطقة يزيد معدل انحدارها عن
٤٥° ، واللون الابيض لاي منطقة يبلغ معدل انحدارها صفراً أى مستوية .
وعلى هذا الأساس فإن المسافة بين خطوط الهاشور تتناسب تناسباً عكسياً

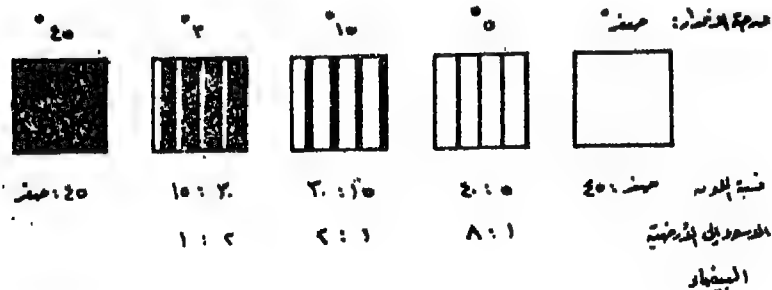
مع انحدار سطح الارض ، فكلما زادت نسبة أو درجة الانحدار تناقصت المسافة بين خطوط الهاشور والعكس الصحيح ، مع ملاحظة أن عدد الخطوط يظل ثابتا في البوصة الواحدة ، مهما زادت أو نقصت المسافة بين خطوط الهاشور . فإذا كانت البوصة يمر بها أربعة خطوط هاشور مثلا فان سمك هذه الخطوط يختلف تبعا لاختلاف انحدار سطح الارض .

فإذا كان معدل انحدار سطح الارض 45° فان المنطقة تطمس باللون الاسود تماما لأن اللون الاسود يعبر عن انحدار قدره 45° ، ومن هنا تكون النسبة بين انحدار سطح الارض والمسافة بين خطوط الهاشور كنسبة $45 : 1$ صفر ومن ثم يغطي اللون الاسود كله المنطقة .

أما اذا كان معدل الانحدار هو 30° فتكون النسبة بين المعدل والمسافة بين خطوط الهاشور كنسبة $30 : 15$ (لأن $30 + 15 = 45$ وهو معدل اللون الاسود) أي كنسبة $2 : 1$ ومن هنا فان سمك خط الهاشور يشغل ثلثي المسافة المخصصة له .

أما اذا بلغ معدل الانحدار 15° فتكون النسبة بين الانحدار والمسافة بين خطوط الهاشور كنسبة $15 : 30$ أي $1 : 2$ فيحتل اللون الاسود ثلث المسافة المخصصة لكل خط هاشور .

أما اذا كان معدل الانحدار 5° مثلا فيكون سمك الهاشور بنسبة $5 : 40$ ، أي $1 : 8$ فيشغل اللون الاسود $\frac{1}{8}$ المسافة المخصصة لكل خط هاشور ، وهكذا (شكل ٢١٦) .



شكل رقم (٢١٦)

وقد كانت هذه الطريقة شائعة الاستخدام حتى أوائل هذا القرن ، إذ أنها كانت تجسم تضاريس سطح الارض بشكل واضح بالإضافة إلى إمكان معرفة أو قياس درجة أو نسبة الانحدار للمرتفعات والجبال عن طريق قياس

سمك قاعدة كل خط هاشور وطوله ومقارنته بالخطوط الاخرى . وهذه الطريقة غير دقيقة فضلا عن صعوبتها ولذا اقتصر استخدام هذه الطريقة فى الخرائط العامة الحائطية أو خرائط الاطللس الصغيرة لاعطاء فكرة عن تضاريس سطح الأرض . كما تستخدم مع الخريطة الكنتورية لبيان الظواهر التى لا تسمح الفترة الكنتورية ببيانها كالجسور الطبيعية أو الضفاف النهرية أو الاكوام . ومازالت تستخدم هذه الطريقة بصفة خاصة فى المناطق التى لم ترفع مساحيا ولم تجر لها ميزانيات دقيقة وكذلك فى الاغراض الحربية .

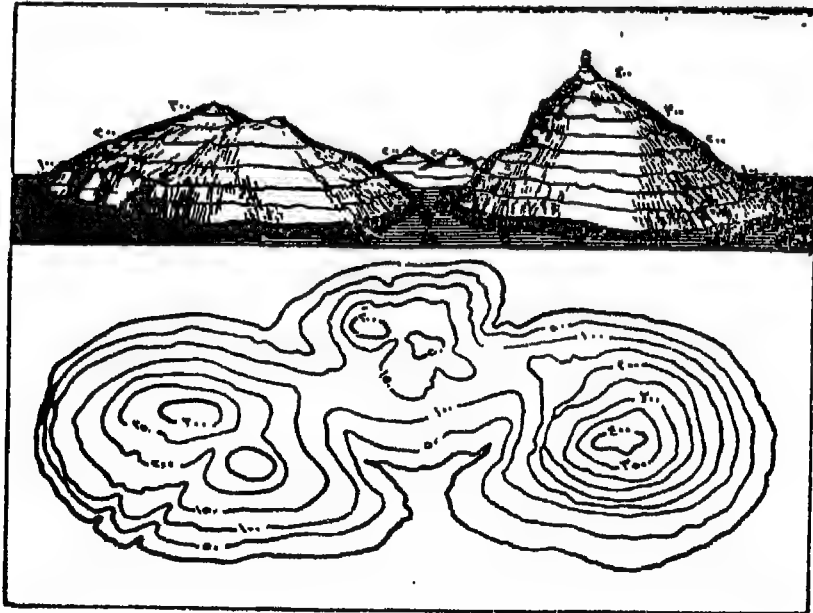
رابعا - خطوط الكنتور :

على الرغم من أن طريقة الكنتور استخدمت لأول مرة فى القرن الثامن عشر عام ١٧٧٩ على يد فيليب بوتشى الا أنه مازالت تستخدم هذه الطريقة أكثر من غيرها فى الوقت الحاضر بل أنه فى كثير من الاحيان لا يستخدم غيرها . وخط الكنتور هو خط متساوى القيمة يمر ويربط نقط متساوية فى قيمة ارتفاعها . ويمتد هذا الخط على شكل حلقات بأبعاد متفاوتة تتقارب أو تتباعد فتعطى انواعا من الانحدارات ، وتستقيم أو تنثنى داخل بعضها البعض بأوضاع متباينة فتبين مظاهر متنوعة من أشكال سطح الأرض وصورها مثل الاودية والحافات ومناطق البروز والثغرات والممرات والهضاب والجبال والتلال وغير ذلك من مظاهر السطح المختلفة الموجبة أو السالبة . وهى فى كل حالة تعطى لنا مستوى على منسوب معين بالنسبة لمستوى ثابت هو متوسط منسوب سطح البحر الذى يضمه خط كنتور صفر أو خط الساحل .

ولسهولة فهم فكرة خط الكنتور ، نفترض أن لدينا حوض زجاجى عميق مدرج الجوانب ، ووضع بداخله قطعة من الصلصال منحوتة على شكل تل مثلا ، فإذا اعتبر أن منسوب قاع الحوض صفر فإن الخط الذى يحدد تلاقى قاع الحوض مع قاعدة قطعة الصلصال على شكل حلقة يرتفع عن قاع الحوض بمقدار صفر وهذا الخط يسمى كنتور صفر . فإذا وضع مقدار من الماء فى الحوض حتى تدريج ١٠ سم مثلا ، فإن سطح الماء يرتفع عن قاع الحوض بمقدار ١٠ سم ، ويتقاطع هذا السطح مع جوانب قطعة الصلصال المائلة للتل فى خط على شكل حلقة وهذه الحلقة تسمى خط كنتور ١٠ سم .

فإذا وضع مقدار آخر من الماء حتى تدريج ٢٠ سم فهذا يعنى أن سطح الماء يرتفع عن قاع الحوض بمقدار ٢٠ سم ويلتقى هذا السطح مع جوانب الصلصال ليحدد خط كنتور ٢٠ سم . وهكذا كلما ازدادت كمية الماء فى الحوض نحصل على خطوط كنتور لمناسيب جديدة . ويلاحظ أن الجزء الظاهر من قطعة الصلصال الممثلة للتل يقل حتى يختفى تحت أعلى منسوب تصل اليه المياه . وعند رسم الحدود الخارجية عند كل تقاطع بين سطح الماء مع جوانب التل نحصل على خريطة كنتورية لهذا التل .

أما فى الطبيعة فإن مستوى سطح البحر يعتبر بمثابة قاع الحوض ، ويتقاطع مع يابس الأرض فى خط هو خط الصفر أو خط الساحل . وإذا تخيلنا أن مستوى سطح البحر سوف يرتفع بمقدار ٥٠ م مثلاً فإن هذا المستوى الجديد سوف يتقاطع مع تضاريس يابس الأرض فى خط يرتفع عن الخط السابق بـ ٥٠ م . وكذلك إذا ارتفع منسوب سطح البحر بمقدار ١٠٠ م سوف ينتج لنا خطاً آخر هو خط ١٠٠ م وهكذا ، ويوضح (شكل ٢١٧) هذه الفكرة أو الخريطة الكنتورية الناتجة عنها .

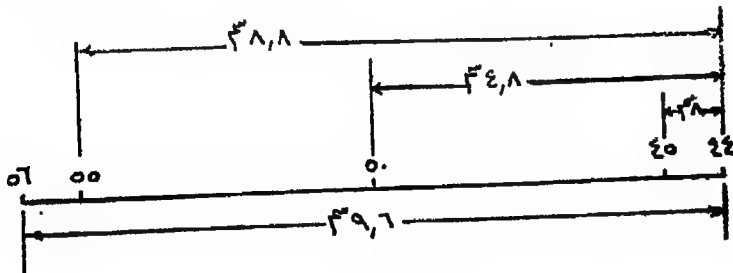


شكل رقم (٢١٧)

طريقة رسم خطوط الكنتور :

تعتبر نقط المناسيب المرحلة الأولى لانشاء الخريطة الكنتورية اذ يتم توصيل النقط التى تتساوى فى ارتفاعها بخط كنتور يطلق عليه رقم هو منسوب النقط التى يربط بينها. ولا يشترط دائما أن نجد نقط يتفق منسوبها مع خط الكنتور المراد انشاؤه ، فنقط المناسيب تتحدد كثافتها من حيث الكثرة أو القلة حسب امكانيات المساح الذى يحدد هذه النقط على الطبيعة ، بينما ترسم خطوط الكنتور على حسب الحاجة الى الخريطة فى المكتب حيث يمكن التحايل على حل المشكلات التى واجهت المساح فى الطبيعة .
فاذا أردنا أن نرسم خط كنتور لا يتفق منسوبه مع نقطة منسوب على الخريطة نجرى الآتى :

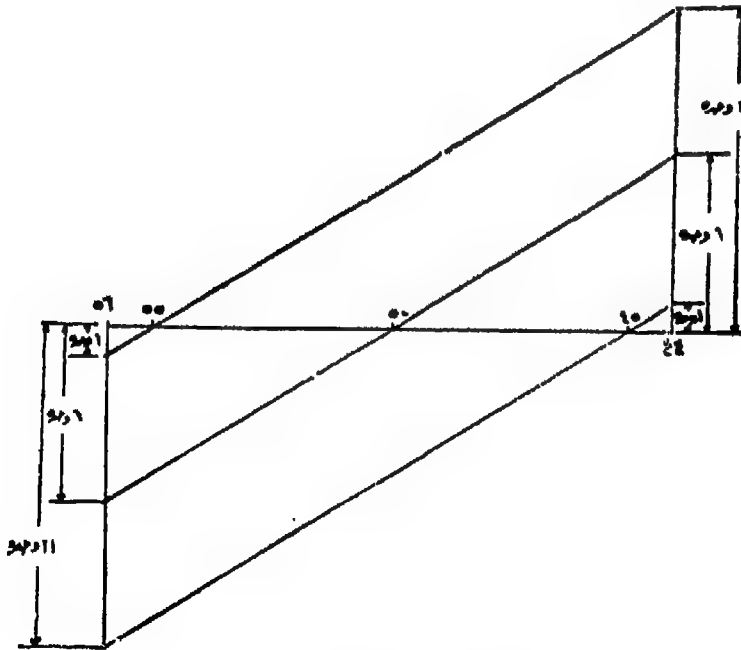
إذا فرض وكان لدينا منطقة محصورة بين نقطتى منسوب ٤٤ ، ٥٦ م ويراد تحديد نقط مناسيب تساعد فى رسم خطوط كنتور ٤٥ ، ٥٠ ، ٥٥ مترا مثلا . نصل بين نقطتى ٤٤ ، ٥٦ بخط مستقيم ويقسم هذا الخط الى وحدات طولية متساوية تتناسب مع عدد النقط الواجب وقوعها بين النقطتين السابقتين . فإذا كان طول الخط يساوى ٩٦ سم على الخريطة وفرق المنسوب $56 - 44 = 12$ مترا يقسم هذا الخط الى ١٢ جزءا فيكون طول كل جزء $= 0.8$ سم ، أى كل 0.8 سم مسافة أفقية تقابل ١م ارتفاع . فعلى بعد 0.8 سم من نقطة ٤٤ يقع خط كنتور ٤٥ ، وعلى بعد $6 \times 0.8 = 4.8$ سم يقع كنتور ٥٠ ، وعلى مسافة $11 \times 0.8 = 8.8$ سم يقع كنتور ٥٥ مترا . وهكذا تجرى هذه العملية بين نقط المناسيب لنحصل فى



شكل رقم (٢١٨)

النهاية على نقط مناسب متساوية يمكن توصيل بعضها ببعض لينتج خط الكنتور المطلوب (شكل ٢١٨) .

طريقة أخرى لرسم خطوط الكنتور : كان لدينا فى المثال السابق منطقة محصورة بين نقطتى منسوبى ٤٤ ، ٥٦ مترا ويراد توقيع خطوط كنتور ٤٥ ، ٥٠ ، ٥٥ مترا وباعتبار أن انحدار سطح الارض منتظما بين هاتين النقطتين ، فيمكن معرفة مواقع نقط خطوط الكنتور المطلوبة ، وذلك أن خط كنتور ٤٥ يرتفع عن نقطة ٤٤ بمقدار ١م وينخفض عن نقطة ٥٦ بمقدار ١م ، فيرسم عمود على الخط الواصل بين النقطتين عند نقطة طوله وحدة واحدة ولتكن ١ مم أو ١ سم مثلا ويرسم عمود آخر عند نقطة ٥٦ طول ١١ من نفس الوحدات السابق استعمالها فى العمود السابق ولكن فى الجهة المقابلة . ويوصل بين طرفى العمودين بخط يتقاطع مع الخط الواصل بين ٤٤ ، ٥٦ فى نقطة هى موقع كنتور ٤٥ . وكذلك ٥٥ يرتفع عن ٤٤ بمقدار ٢م تمثل بعمود طوله ٢ وحدات ، وينخفض عن ٥٦ بمقدار



شكل رقم (٢١٩)

٦م تمثل بعمود فى الجهة العكسية طوله ٦ وحدات أيضا • وبتوصيل طرفى العمودين بخط يتقاطع مع الخط الآخر فى نقطة هى مكان كنتور ٥٠ •
وبنفس الطريقة يمكن تعيين مكان كنتور ٥٥ (شكل ٢١٩) • ويلاحظ فى هذه الطريقة أننا لا نلجأ الى قياس طول الخط الواصل بين نقطتى ٤٤ ، ٥٦ ، وتقسيمه كما فى الطريقة السابقة •

طريقة استنتاج خطوط الكنتور بالحساب : تحسب مواقع خطوط كنتور ٤٥ ، ٥٠ ، ٥٥ مترا فى المثال السابق كما يأتى :

الفرق فى الارتفاع بين نقطتى ٤٤ ، ٥٦ = ٥٦ - ٤٤ = ١٢ مترا

$$\frac{12}{96} = \left(\frac{\text{فرق المنسوب بالمترا}}{\text{المسافة بالمترا}} \right) \quad \text{الانحدار بين النقطتين}$$

$\frac{1}{8} = 0.125$ أى فى مقابل كل متر واحد أفقى تنحدر الأرض الى أعلى أو الى أسفل بمقدار ٠.١٢٥ متر •

∴ كل ١م مسافة أفقية تعطى فرق منسوب مقداره ٠.١٢٥م •

سم مسافة أفقية تعطى فرق منسوب مقداره ٠.١٢٥م (وهو فرق المنسوب بين نقطة ٤٤ وكنتور ٤٥) •

$$\therefore \text{سم} = \frac{1 \times 1}{0.125} = 8 \text{ متر وهذه المسافة توقع بمقياس رسم الخريطة}$$

المستخدمة لتعيين نقطة كنتور ٤٥ •

وكذلك كل ١م مسافة أفقية تعطى فرق منسوب مقداره ٠.١٢٥م •

سم مسافة أفقية تعطى فرق منسوب مقداره ٠.١٢٥م (فرق منسوب بين نقطة ٤٤ وكنتور ٥٠) •

$$\therefore \text{سم} = \frac{3 \times 6}{0.125} = 48 \text{ مترو هى المسافة التى توقع بمقياس الرسم}$$

لتعيين مكان خط كنتور ٥٠ ، وكذلك يوقع كنتور ٥٥ على أساس أن

$$\text{سم} = \frac{1 \times 11}{0.125} = 88 \text{ م}$$

طريقة حسابية أخرى : ويمكن بحساب النسبة والتناسب معرفة مواقع
كنتورات ٤٥ ، ٥٠ ، ٥٥ وذلك بالطريقة الآتية :

١٢ متر فوق منسوب تقابل ٩٦ مترا مسافة أفقية .

١ متر فوق منسوب تقابل ؟ مترا مسافة أفقية .

$$\therefore \text{موقع كنتور } ٤٥ = \frac{٩٦ \times ١}{١٢} = ٨ \text{ م}$$

$$\text{، كنتور } ٥٠ = \frac{٩٦ \times ٦}{١١} = ٤٨ \text{ م}$$

$$\text{، كنتور } ٥٥ = \frac{٩٦ \times ١١}{١٢} = ٨٨ \text{ مترا}$$

وتوقع هذه المسافات على الخريطة بمقياس الرسم المستعمل لتعيين
كنتورات ٤٥ ، ٥٠ ، ٦٠ مترا .

ويستطيع الجغرافى المتمرن تحديد نقط خطوط الكنتور بمجرد النظر
دون الحاجة الى استخدام المسطرة فى القياس أو حساب المسافات . وبعد
ايجاد نقط المناسب التى ستمر بها خطوط الكنتور توصل هذه النقط
بعضها ببعض بخطوط تجمع بين النقط المتساوية فى الارتفاع هى خطوط
الكنتور .

الفصل الرأسى (الفترة الكنتورية) :

يتضح مما تقدم أن أى خط كنتور يمثل طبيعة الارض عند المنسوب
الذى يقع فيه فقط . أما طبيعة الارض الواقعة بين خطى كنتور فقد تكون
انحدارا منتظما أو قد يكون بينهما تغير لم يمر به خط الكنتور ولذلك لم
تظهر معالنه فى الخريطة . فاذا أريد تمثيل طبيعة الارض بشكل دقيق وجب
أن تتقارب خطوط الكنتور مع بعضها بدرجة تسمح ببيان كل تغير طارئ
على سطح الارض . وتسمى المسافة الرأسية الثابتة بين خطوط الكنتور
بالفاصل الرأسى أو الفترة الكنتورية ، وهى تتوقف على الاعتبارات الآتية :

١ - الزمن والتكاليف اللازمة لعمل الغيظ والمكتب ، فكلما صغرت الفترة الكنتورية كلما زاد عمل الغيظ وزاد معه بالتبعية عمل المكتب عند رسم خطوطا لكنتور وكل ذلك يتطلب زيادة فى الوقت اللازم لانجاز العمل والتكاليف اللذين يتطلبهما التنفيذ فى الغيظ .

٢ - الغرض من الخريطة ، فيجب اختيار فترة كنتورية صغيرة اذا كان المراد انشاء خريطة دقيقة للاستعمالات الهندسية أو الانشاءات المدنية . أما فى الخرائط التى لا تتطلب دقة عالية فانها تحتاج الى فترة كنتورية كبيرة نسبيا .

٣ - طبيعة الارض : كلما كانت الارض منبسطة كلما احتاجت الى فترة كنتورية صغيرة لبيان التغيرات الخفيفة فى السطح . أما فى الاراضى الجبلية والوعرة فيجب اختيار فترة كنتورية كبيرة لأنها تكفى لبيان سطح الارض بدرجة عالية من الدقة ، ولأننا اذا اخترنا فترة كنتورية صغيرة لازدحمت الخريطة وتلاصقت الخطوط وأصبحت غير صالحة للقراءة والاستعمال .

٤ - مقياس رسم الخريطة ، فكلما كان مقياس الرسم صغيرا فان الفترة الكنتورية الصغيرة تزحم الخريطة ولا يمكن تجنب الخطوط بسهولة . وعموما فان الفترة الكنتورية تتناسب تناسباً عكسياً مع مقياس الرسم فتصغر من مقياس الرسم الكبير وتكبر مع مقياس الرسم الصغير .

ومهما كانت قيمة الفترة الكنتورية المنتخبة فانه يجب أن تكون ثابتة فى حدود الخريطة الواحدة . فاذا كان هناك بعض أجزاء منبسطة من سطح الارض تحتاج الى توضيح أو بعض الظواهر الثانوية المحدودة الارتفاع كالأكوام والرواسب المخروطية المتجمعة بالقرب من نهايات الاودية وكذلك الحافات شديدة الانحدار ، ففي مثل هذه الاحوال تستخدم الطرق الكرتوجرافية الأخرى لبيان تلك المعالم مثل الهاشور اذ يصعب استخدام فاصل رأسى أقل لبيان هذه المعالم الثانوية والا أوحى باختلاطها بالخطوط الكنتورية الرئيسية مظهرا مخالفا لشكل سطح الارض .

ويلاحظ فى كتابة قيم خطوط الكنتور ألا يقطع خط الكنتور لكتابة قيمته

ذلك لأن قطعه قد يكون سببا فى اخفاء بعض المعالم التضاريسية التى كتب مكانها الرقم . واذا اردنا ذلك مضطرين فيجب أن يكون القطع أينما تتصف الخطوط بالاستقامة . ويفضل دائما أن تكتب الأرقام فوق خط الكنتور وملاصقة له ، والمقصود بتعبير خط الكنتور هو ناحية الكنتور ذو القيمة الأعلى . وأحيانا ترسم بعض خطوط الكنتور أكثر سمكا من غيرها وتكتب قيم هذه الخطوط السمكة فقط ، أما خطوط الكنتور الأخرى المحصورة بين هذه الخطوط السمكة فمن الممكن استنتاج قيمتها . والغرض من هذه العملية التوضيح وعدم ازدحام الخريطة بالأرقام خاصة إذا كانت الخطوط الكنتورية متقاربة . وعادة ما تكون تلك الخطوط السمكة ذات قيمة صفرية أى ١٠٠ ، ٢٠٠ ، ٣٠٠ ، ٥٠٠ ، ١٠٠٠ ، ١٥٠٠ ، ٣٠٠٠ الخ (شكل رقم ٢٢٠) .



شكل رقم (٢٢٠)

خواص خطوط الكنتور : تتميز خطوط الكنتور بالخواص الآتية :

- ١ - بما أن الفترة الكنتورية تمثل الفرق بين منسوبى أى نقطتين على خطى كنتور متتاليين فإن أشد الميول انحدارا هو اتجاه أقصر مسافة بين خطوط الكنتور ، ويكون هذا الاتجاه عند أى نقطة على خط كنتور معين عموديا على اتجاه هذا الخط الذى تقع عليه النقطة .
- ٢ - يمكن أن تنطبق خطوط الكنتور مختلفة المناسيب مكونة خطا واحدا فى الرسم وذلك فى حالة وجود حافة رأسية تماما .
- ٣ - لا يتقابل خطا كنتور مختلفا المنسوب ليكونا خطا واحدا ، وكذلك لا يمكن أن يتفرع خط كنتور الى خطين .

٤ - لا يمكن أن ينتهى أى خط كنتور فى مكان ما ولكنه يجب أن يكون مقفلا ، وليس ضروريا أن يقفل خط الكنتور داخل حدود الخريطة .

٥ - لا تتقاطع خطوط الكنتور الا فى حالة الكهوف فقط .

٦ - تظهر خطوط الكنتور متتابعة ومتتالية فى قيمها ، فتتزايد هذه القيمة فى حالة الارتفاع وتتناقص فى حالة الانخفاض طبقا لشكل سطح الارض ، ولا يمكن أن يوجد خط كنتور شاذ فى منسوبه عن الخطوط التى توجد قبله أو بعده .

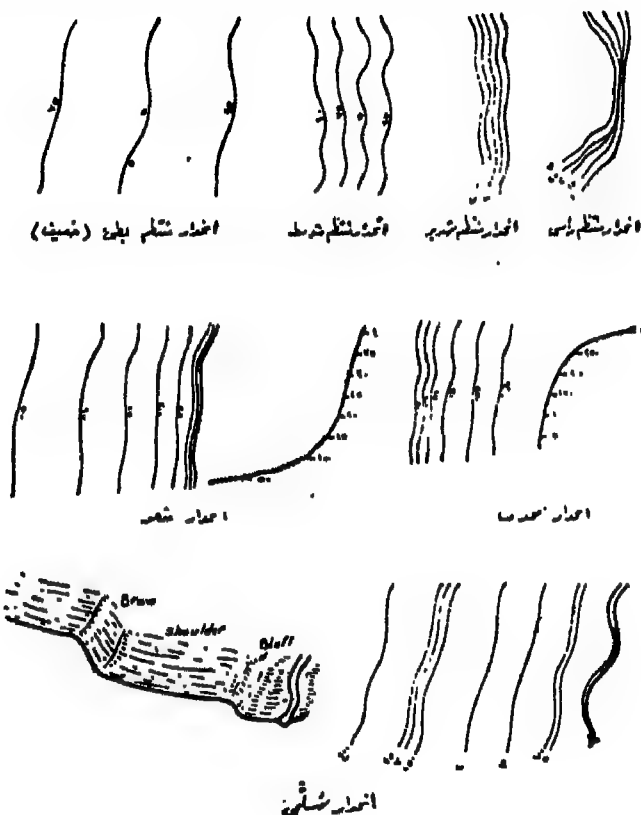
استخدام خطوط الكنتور فى بيان الاشكال التضاريسية لسطح الارض

لما كانت الخطوط الكنتورية هى انسب الوسائل الحالية لبيان مظاهر سطح الارض المختلفة فان كل مظهر من اشكال السطح يظهر بصورة معينة اذا ما رسم بخطوط الكنتور . ويمكن معرفة هذه الاشكال من فحص ودراسة خطوط الكنتور ، انثناءاتها وامتداداتها وطبيعة مناسيبها وملاحظة تقاربها وتباعدها عن بعضها . ولا يمكن أن تظهر عدة اشكال مختلفة من تضاريس سطح الارض بصورة واحدة من خطوط الكنتور . وفيما يلى عرض لهذه الاشكال وقد قسمت الى مجموعات على أساس الاختلاف فى الشكل والانحدار والموقع داخل المنطقة الممثلة على الخريطة :

أولا - المنحدرات وأنواعها :

تمثل أنواع المنحدرات فى الخرائط الكنتورية بشكل واضح . فمن ملاحظة درجة تباعد هذه الخطوط من بعضها البعض يمكن أن نبتين نوع المنحدر وشكله ، فنميز بين الانحدارات المنتظمة وغير المنتظمة ، وتظهر الاولى حيث تتساوى المسافات الافقية بين خطوط الكنتور . واذا كانت هذه المسافات محدودة بمعنى أن خطوط الكنتور تظهر متقاربة من بعضها دل هذا على الانحدار المنتظم الشديد . أما اذا كانت هذه المسافات كبيرة دل هذا على أن درجة الانحدار خفيفة أما اذا كانت المسافات الافقية بين خطوط الكنتور تساوى صفر أى تطابقت الخطوط على بعضها مكونة خطا واحدا ، فيدل ذلك على وجود انحدار منتظم رأسى . وفى كل الحالات المسافات بين خطوط الكنتور متساوية لتمثل ما يسمى بـ even slope أى منتظمة الانحدار .

اما اذا تغيرت درجة الانحدار فيتحول شكل المنحدر الى انحدار غير منتظم ويتحدد نوعه حسب طبيعة هذا التغير سواء من القمة الى القاعدة أو العكس . فان كان شديدا عند القمة وخفيفا عند القاعدة ، أى تقتارب الخطوط عند القمة وتتباعده عند القاعدة فهذا يبين ما يعرف بالانحدار المقعر اما اذا كان العكس فهذا يعرف بالانحدار المحدب . وقد تتغير درجة الانحدار



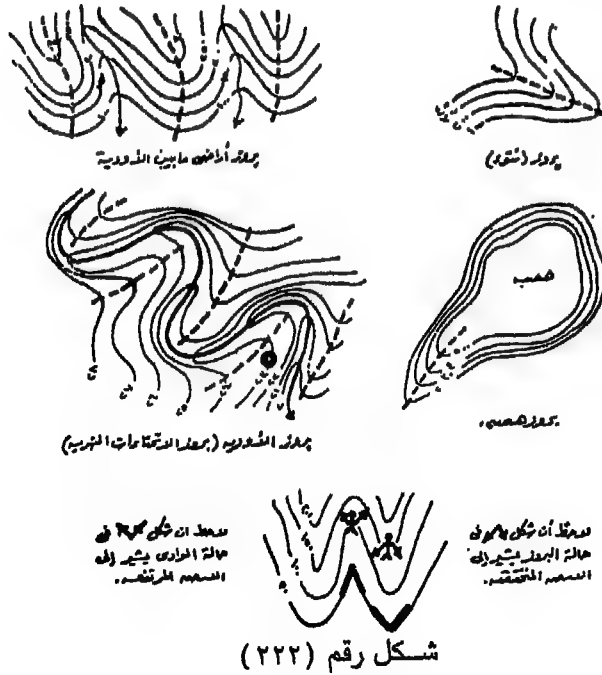
شكل رقم (٢٢١)

على طول المنحدر لأكثر من مرة بحيث يظهر المنحدر على شكل درجى ، أى تقتارب الخطوط ثم تتباعده وهكذا ، وهذا ما يعرف باسم الانحدار السلمى . وفى العادة نفرق بين المناطق شديدة الانحدار والاخرى المنبسطة أو خفيفة الانحدار ، فيطلق على الاولى اسم جبهة والاخرى يطلق عليها اسم كتف . وقد ينتهى المنحدر فى نهايته أى عند اتصاله بالمناطق السهلية المنبسطة

الواقعة عند حضيض انحدار فجائى سريع يطلق عليه اسم Bluff (شكل ٢٢١) .

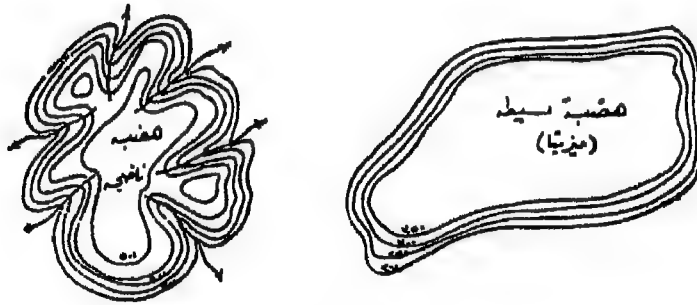
ثانيا - البروز أو النتوء :

يقصد بالبروز امتداد ظاهر فى جانب التل أو الجبل أو الهضبة . ويظهر على الخرائط الكنتورية بانحناء الخطوط الأعلى فى منسوبها داخل الخطوط الأقل . وتختلف البروزات فى مظهرها حسب طبيعة تكوينها ومدى ارتفاعها وامتدادها . فهناك البروز المتداخل أو ما يعرف ببروز الأودية ويظهر بين الانحناءات النهرية على طول امتداد المجرى النهري . وهناك البروز الجبلى والهضبى وهذا البروز يمتد من الكتلة الأصلية من المرتفعات بشكل واضح . وقد يمتد هذا البروز بين الروافد النهرية المختلفة ، وفى هذه الحالة ينحدر سطح الأرض على طول امتداده نحو هذه الروافد ، وهو أكثر تعقيدا فى المناطق الجبلية شديدة الارتفاع عنه فى الأماكن محدودة الارتفاع ، ويسمى فى هذه الحالة ببروز أراضى ما بين الأودية . وفى العادة فإن هذا النوع من البروز قد كونته المجارى المائية المنحدرة على الواجهات الجبلية (شكل ٢٢٢) .



ثالثاً - الهضاب :

تمثل الهضاب بحلقات كنتورية تحصر مناطق فى مستوى متقارب لمساحة متسعة ثم يزداد الانحدار أى تضيق المسافات المحصورة بين خطوط الكنتور على جوانب هذه المساحة المتسعة ذات المنسوب المتقارب وهكذا يظهر سطح الهضبة وكأنه خال من خطوط الكنتور. ويتحقق هذا الشكل المثلثى للهضبة فى حالة الهضاب البسيطة أو المستوية (المزيتا) أما الهضاب الناضجة (أى فى مرحلة النضج) والتي قطعها الأودية النهرية المنحدرة على جوانبها والتي تتراجع بعملية النحت الصاعد نحو المنابع على حساب السطح المنبسط، فتظهر مختلفة بالشكل الهضبي نوعاً ما ، إلا أن الأجزاء المنبسطة المحدودة المساحة - والتي ربما تبدو على شكل حلقات كنتورية صغيرة مقفلة أعلى من نقاط منابع الأنهار - تظهر فى منسوب واحد . وخطوط الكنتور التي تحدد الهضبة كلها لا تظهر بطبيعة الحال قليلة التعرج كما فى حالة الهضاب البسيطة بل تظهر شديدة التعرج لتبين بعض البروزات الهضبية وبروزات أراضى ما بين الأودية ، كما تبين الأودية النهرية التي قطعت الهضبة (شكل ٢٢٣) .



شكل رقم (٢٢٣)

رابعاً - التلال والروابي والحافات :

١ - التل القبابى : وهو عبارة عن تل جوانبه محدبة الانحدار بمعنى أن سطح الأرض ينحدر فى كل اتجاه من نقطة تمثل قمة التل على شكل انحدار محدب . ويبدو واضحاً إذا كانت خطوط الكنتور مقفلة على نفسها . ويميز هذا التل على الخريطة الكنتورية بتباعد خطوط الكنتور الأعلى فى مناسيبها ويزداد تقارب الخطوط الأدنى فى المنسوب .

ب - التل المخروطى : وهى التلال حادة القمة ويكون انحدارها قرب القمة شديدا ويأخذ فى التدرج قرب السفح ، فيظهر الانحدار مقعرا على طول الاتجاهات من القمة الى القاعدة ، أى أن خطوط الكنتور قرب القمة تظهر متقاربة وتتباعد كلما اتجهنا نحو القاعدة .

ج - الرابعة : وهو التل الصغير البارز فوق المنحدرات الجبلية أو الهضبية وقد يسمى أحيانا بالقمة الكاذبة . ويظهر على شكل حلقة أو حلقتين مقفلتين من خطوط الكنتور تعترض خطوط الكنتور المتتابعة والمتسالية فى مناسيبها والتي تبين انحدار جانب الجبل أو الهضبة .

د - الحافات : الحافة هى أى واجهة جبلية تطل على الأرض المنبسطة المجاورة بانحدار شديد ، وتتسطح الأرض فوق خط الكنتور المحدد لأعلى هذه الواجهة . وتظهر الحافة على شكل خطوط كنتورية متقاربة دليل على الانحدار الشديد ، أما المنطقة المنبسطة التى تعلوها فيحددها خط أو خطان كنتوريان - قد يكونا مقفلان على نفسها - أكثر ارتفاعا فى منسوبهما عن خط الكنتور المحدد لأعلى الحافة .

هـ - الكويستا : تختلف عن الحافة فى تباين واختلاف درجة الانحدار على كلا جانبيها ، فهناك انحدار شديد يكون قاطعا لاتجاه ميل الصخور ويسمى بواجهة الكويستا ، وهو يبدو فى مظهره على شكل الحافة السابقة . أما سطح الأرض فوق هذه الواجهة فانحداره بطيء ويتمشى مع ميل الطبقات ويسمى ظهر الكويستا . ويتميز بأن انحداره الى أسفل بمعنى أن مناسيب خطوط الكنتور المتباعدة عن بعضها تقل عن منسوب خط الكنتور المحدد لأعلى نقطة فى واجهة الكويستا وذلك بعكس الحال فى الحافات (شكل ٢٢٤) .

خامسا - السلاسل الجبلية ومظاهرها :

١ - سلاسل جبلية حادة القمة : وهى عبارة عن مجموعة من الجبال المتجاورة المنتظمة على شكل سلسلة ممتدة لمسافات طويلة ذات انحدارات شديدة فى كلا جانبيها ، كما أن اتساعها عند القمة يكون ضيقا أو منعما

انحدار جوانبها ولكن يضمها خط كنتور مستقيم أو منحني واحد . ونتيجة لهذا التباين والاختلاف وانعزال الجبال والتلال تنشأ ظاهرات أخرى ثانوية مثل الممرات والثغرات والخوانق والمضائق . ويمكن تمييزها عن غيرها بواسطة خطوط الكنتور كما يتبين من العرض الآتي :

د - الرقبة : وهى عبارة عن منطقة منخفضة بين قمتين جبليتين ، أى أن منسوبها أقل من منسوب القمم التى تفصل بينهما ، ولكنها أعلى من الأودية والسهول الواقعة على جانبيها . والرقبة أو السرج كما تسمى أحيانا لا تصل بين أعالي الأودية .

هـ - الممر الجبلى : وهو عبارة عن انخفاض ذى امتداد طولى واضح ويتميز بشدة انحدار جوانبه . ويختلف عن الرقبة بأنه يصل بين أعالي الأودية مع احتفاظه بارتفاع منسوبه عن قيعان هذه الأعالي .

و - الخائق : وهو يشبه الممر الجبلى فى امتداده الطولى ولكنه يختلف عنه فى أن منسوبه يكون فى مستوى الأرض المنخفضة التى يصل بينها ويرتفع فى الوسط قليلا . ويظهر على الخرائط الكنتورية على شكل خطوط تقتارب بشدة قاطعة السلسلة الجبلية ويحده خطى كنتور بمنسوب واحد وعلى نفس منسوب الأرض المنخفضة .

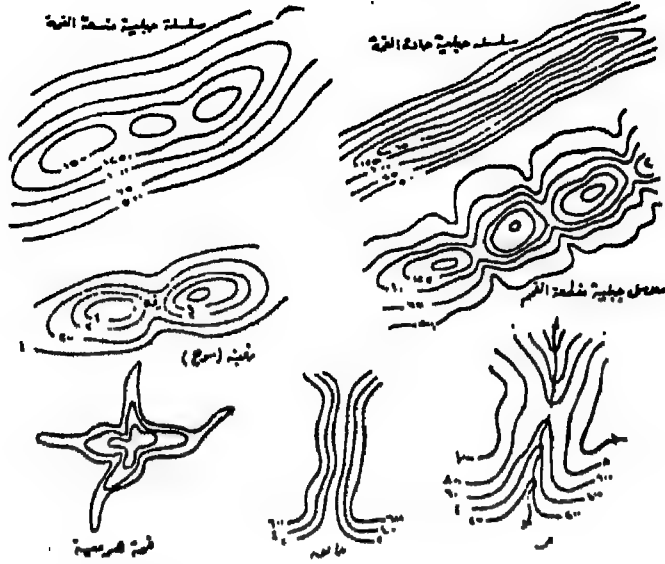
ز - القمم الهرمية : تظهر بعض القمم على شكل هرمى له أكثر من ضلع وذلك تبعاً لعوامل التعرية المشكلة لهذه القمم . وتمثل هذه القمم الهرمية بالخطوط الكنتورية بحيث تظهر كامتدادات من القمة تفصل ما بين الانحدارات التى تتعمق نحو هذه القمة ، وهذه المنحدرات المتعمقة هى الحلقات الجليدية . (شكل ٢٢٥) .

سادساً - الأودية والمنخفضات والظاهرات المصاحبة لها :

أ - الأحواض : الحوض عبارة عن منخفض ترتفع جوانبه فى جميع الجهات . ويوضح على الخرائط الكنتورية بنفس الطريقة التى يظهر بها التل القبابى ولكن مع الفارق فى طريقة ترقيم خطوط الكنتور . فهى تكون أقل فى الوسط وتزداد فى قيم منسوبها نحو الجوانب .

ب - الثغرة : وهى عبارة عن تجويف بسيط على جانبي بروز فى جبل

أو تل • وتنحنى خطوط الكنتور الأقل فى منسوبها داخل الكنتور الأعلى
ولكن بدون تعمق فى المنطقة المرتفعة •



شكل رقم (٢٢٥)

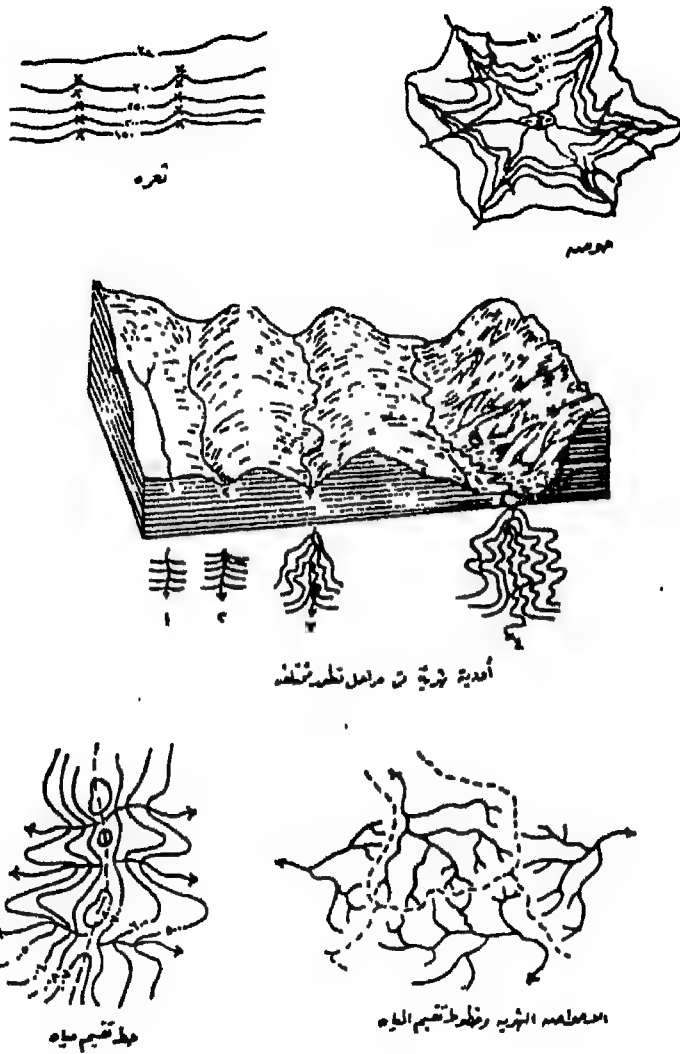
ج - الوادى : وهو المنطقة المنخفضة ذات الامتداد الطولى التى تظهر قاطعة للهضاب والمرتفعات ومتشعبة فيها • وتبدو خطوط الكنتور منحنية داخل بعضها بحيث ينحنى الكنتور الأدنى داخل الكنتور الأعلى أى نحو المنابع ، ولذا أطلق عليها الخطوط المنعكسة • ونستطيع لأول وهلة أن نتعرف على الأودية من اتجاه رؤوس خطوط كنتوراتها وذلك إذا كان هناك نهر يشغل قاع الوادى • أما إذا لم يوجد الخط الدال على المجرى النهري، فيمكن تحديده بصورة تقريبية عن طريق توصيل قمم انحناءات خطوط الكنتور • أما بالنسبة للوادى الجاف فقد يبدو لأول وهلة وكأنه بروز جبلى لأن خطوط الكنتور تبدو متشابهة فى الحالتين خاصة وأنه لا يوجد مجرى ينحدر فى قاع الوادى ، ويجب فى هذه الحالة الاسترشاد بقيم خطوط الكنتور • ويلاحظ أن خطوط كنتور هذا الوادى الجاف تتراجع نحو الأرض الأكثر ارتفاعا كما فى حالة الوادى النهري • ولكن يلاحظ أيضا فى خطوط

كنتور الوادى الجاف أن درجة انحناء رؤوسها أقل من درجة انحناء رؤوس كنتورات الوادى النهري . وعند رسم مجرى الوادى الجاف يرسم على شكل خط متقطع .

أما الوادى الجليدى فيشبه فى شكله الوادى النهري من حيث تداخل خطوط الكنتور الأقل فى منسوبها نحو خطوط الكنتور الأعلى . لكن يميزه أن خطوط الكنتور تظهر مستقيمة تقريبا ومتقاربة على جانبى الوادى الجليدى ولا تصنع انحناءات عند عبور قاعه .

د - الوادى المعلق : وهى ظاهرة تنتشر فى مناطق الأودية الجليدية ، كما تظهر أيضا فى بعض المناطق الجافة . والوادى المعلق ما هو الا رافد ذو قاع أكثر ارتفاعا من قاع الوادى الرئيسى الذى ينتهى اليه . وهكذا تظهر خطوط كنتور جانب الوادى الرئيسى الذى ينتهى عنده الرافد غير منثنية نحو منبع هذا الرافد بل تستمر فى امتدادها الطبيعى .

هـ - خط تقسيم المياه : وهو الخط الذى يمر بأعلى منسوب فى المنطقة على أطراف نهايات المنابع العليا للأودية والمجارى المائية محددا حوض كل منها حيث تتوزع المياه الساقطة على هذا الخط وتنحدر فى اتجاهين مختلفين (شكل ٢٢٦) .

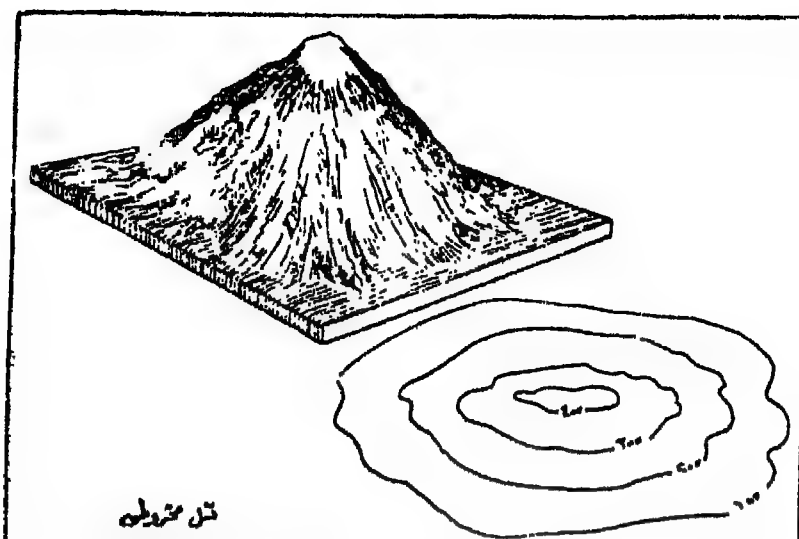


شكل رقم (٢٢٦)

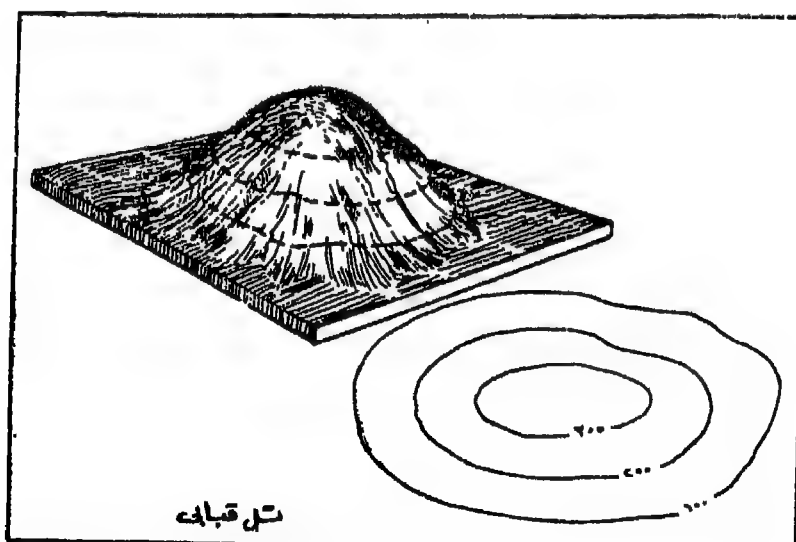
وتبين الاشكال من ٢٢٧ الى ٢٤٠ نماذج مجسمة لبعض الظواهر
الجيومورفولوجية والخطوط الكنتورية الدالة عليها .

مقاطعة مائيه على المحلوى الهريم

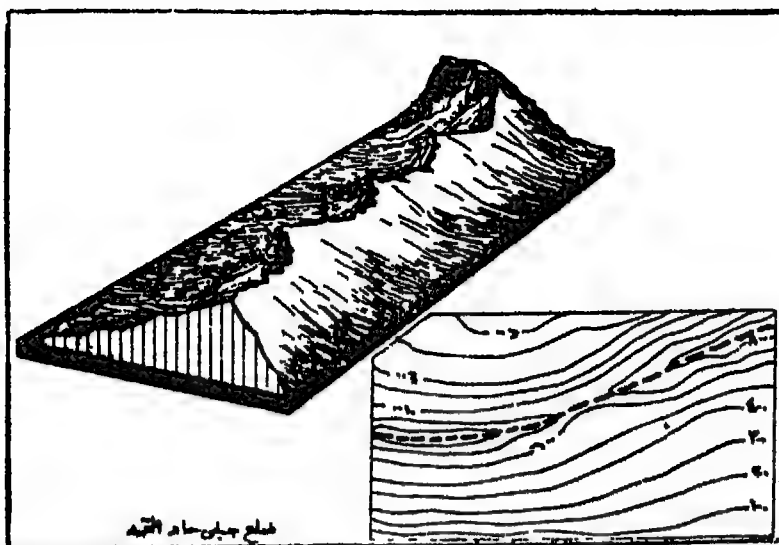
- 10A -



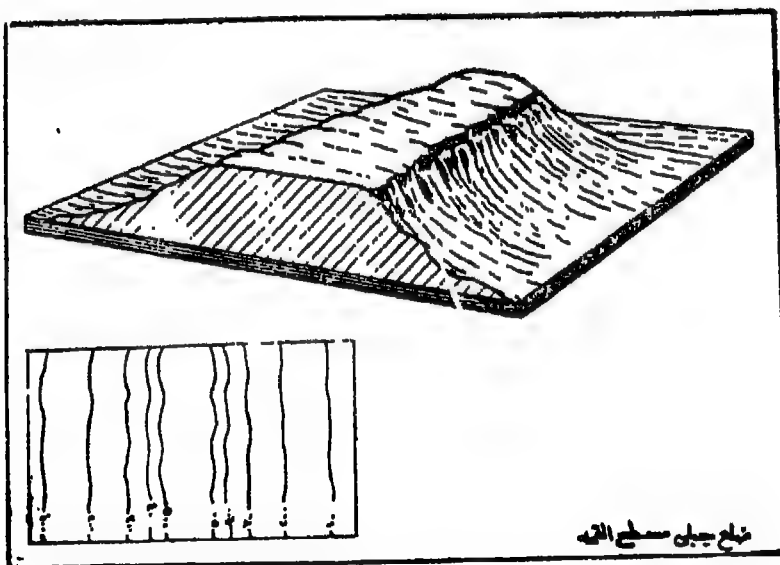
شکل رقم (۲۲۸)



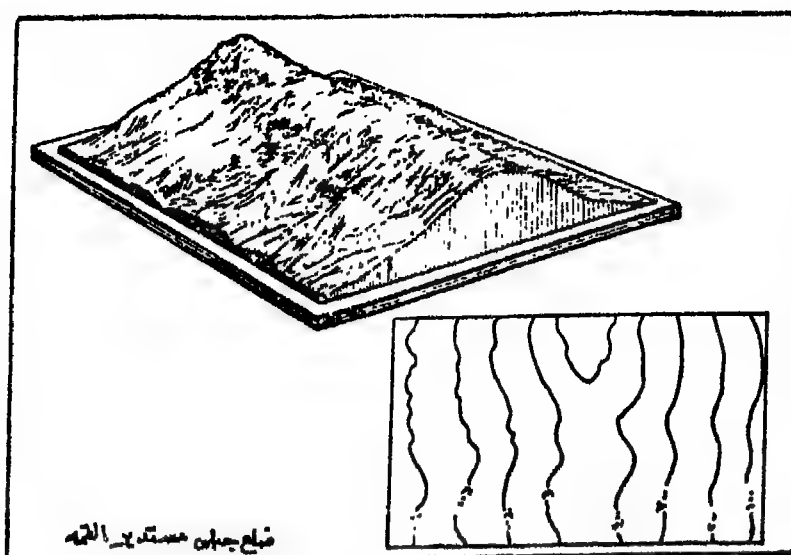
شکل رقم (۲۲۹)



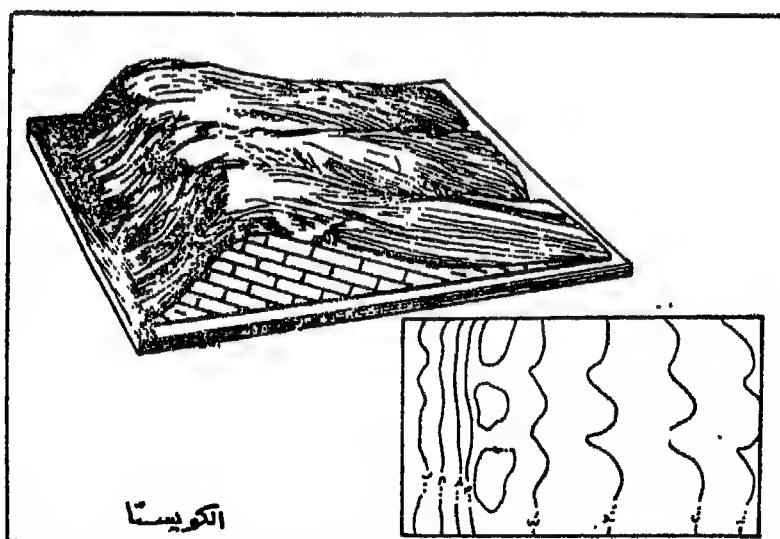
شكل رقم (٢٣٠)



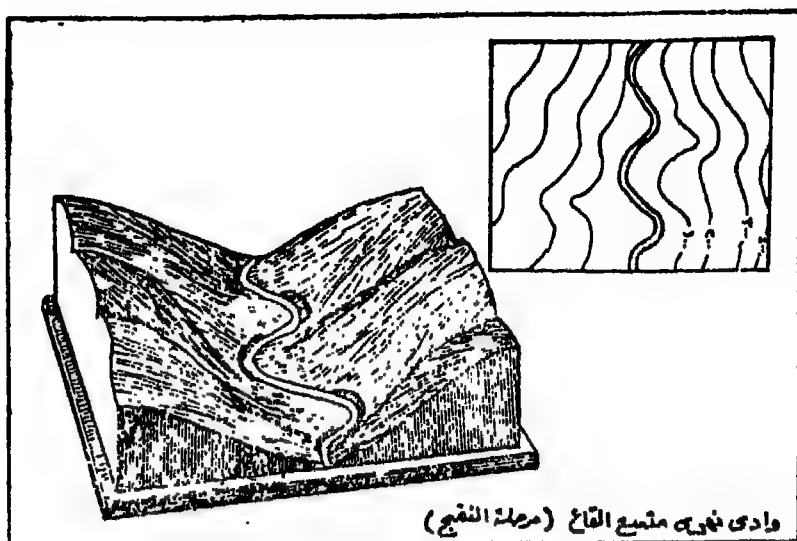
شكل رقم (٢٣١)



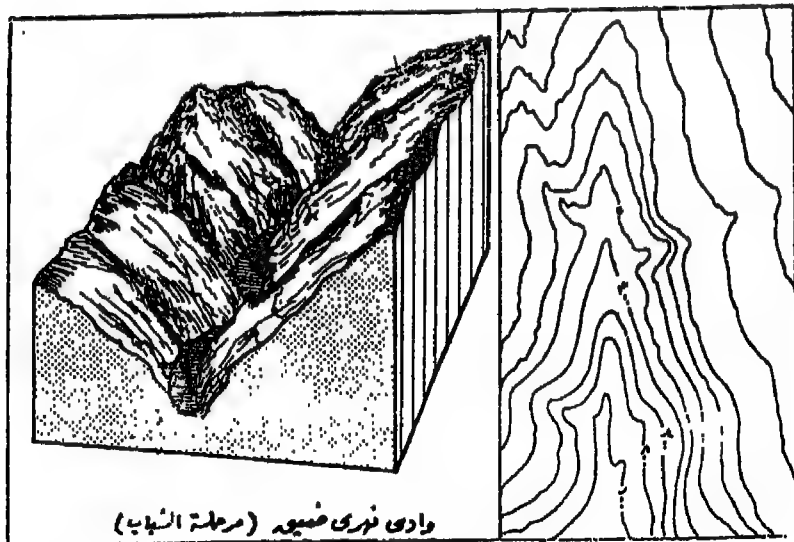
شكل رقم (٢٣٢)



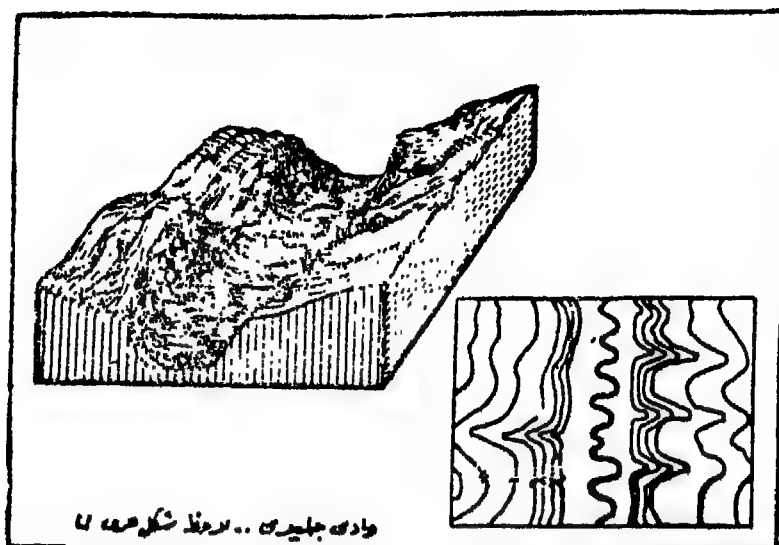
شكل رقم (٢٣٣)



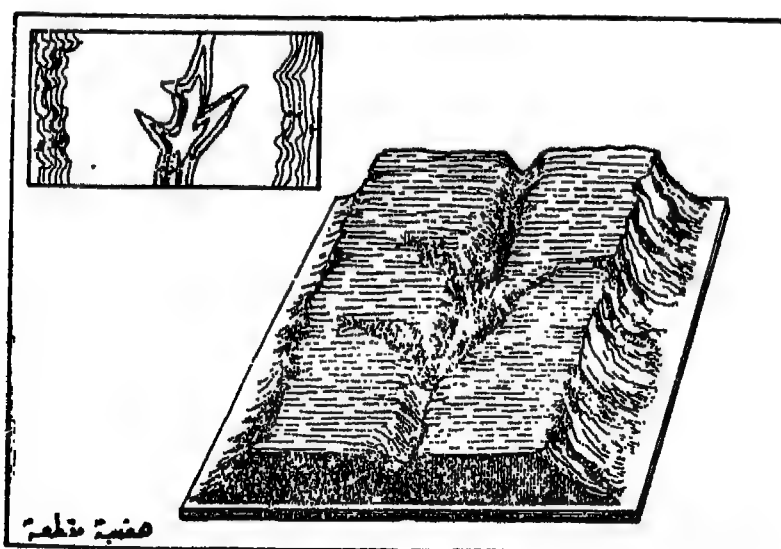
شكل رقم (٢٣٤)



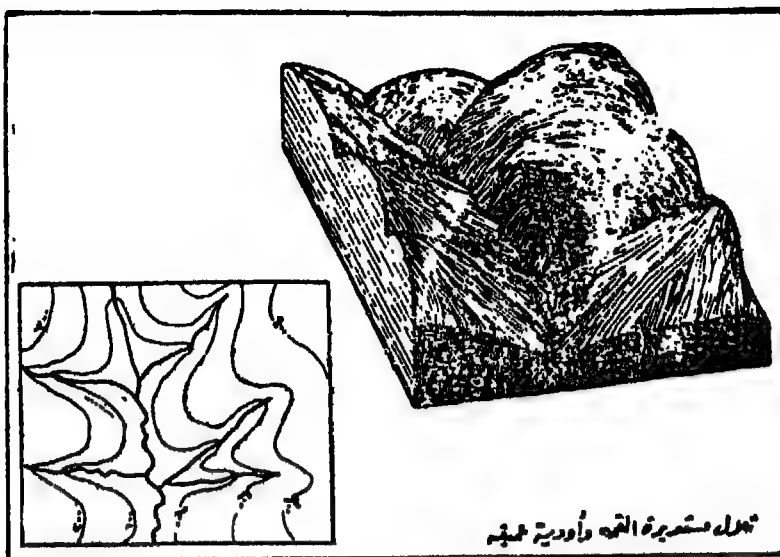
شكل رقم (٢٣٥)



شکل رقم (۲۳۶)



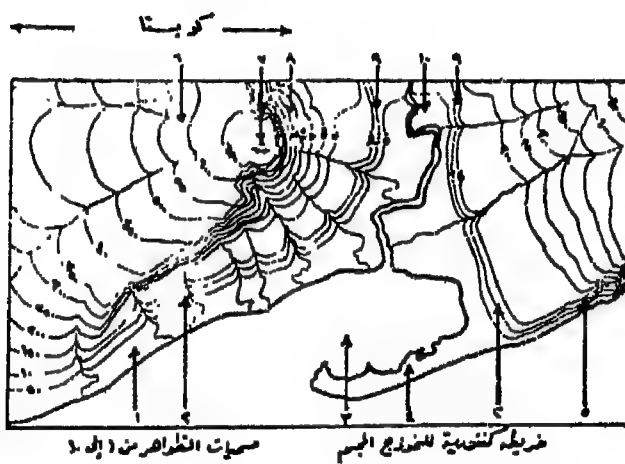
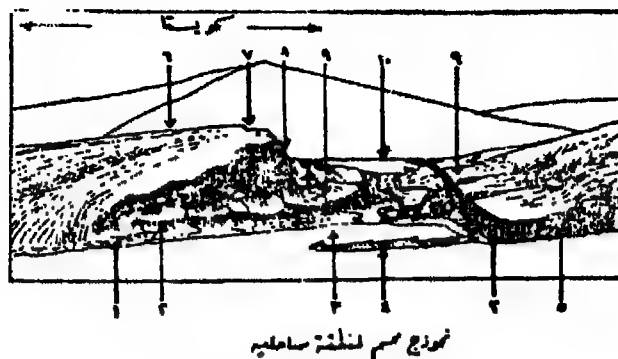
شکل رقم (۲۳۷)



شكل رقم (٢٣٨)



شكل رقم (٢٣٩)



- | | | |
|-------------------|-----------------------------|-------------------------|
| ١- سطح ساحلي ممتد | ٢- هضبة ساحلية ، حافة تدرية | ٣- لاجون |
| ٤- لسان رملية | ٥- حافة يبرية | ٦- منحدر الجبل لتكوينها |
| ٧- أنف الكوبيتا | ٨- واجهة الكوبيتا | ٩- بواحر |
| ١٠- سطح قديم | | |

شكل رقم (٢٤٠)

القطاعات التضاريسية

القطاع عبارة عن صورة جانبية لمنطقة معينة على طول خط محدد يسمى خط القطاع . وهو فى أغلب الاحوال عبارة عن شكل نظرى تصورى يتم انشاؤه من الخريطة الكنتورية ولا يمكن رؤيته على الطبيعة بشكل منظور الا فى حالة القطوع الرأسية فى مناطق المحاجر والمناجم والحافات الرأسية . والقطاعات التضاريسية لها اهمية بالغة فى الدراسات الجيومورفولوجية فهى تعطى فكرة أكثر وضوحا مما تعطيه الخريطة الكنتورية عن شكل سطح الارض على طول خط القطاع ، أى بشكل الانحدارات . وقد يكون هذا القطاع بسيطا يصل بين نقطتين سواء كان خط القطاع مستقيما أو منحنيا . وقد يكون مركبا أى يتكون من مجموعة من القطاعات البسيطة ، وقد يكون مقفلا اذا انتهى القطاع الى النقطة التى بدأ منها ، ويعرف فى هذه الحالة بالقطاع الصندوقى . وهناك نوع آخر من القطاعات التضاريسية يعرف بالقطاعات المتقاطعة .

وعند تخطيط القطاعات على الخريطة الكنتورية بهدف الدراسة الجيومورفولوجية التفصيلية ينبغى أن يكون خط القطاع ممتد اما على طول محاور الظواهر أو عبر هذه الظواهر حتى تعطى فكرة صحيحة عن شكل المنطقة أو لخدمة هدف معين . مثل تخطيط قطاع عرضى لوادى نهري أو تخطيط قطاع يبين شكل محاور أراضى ما بين الأودية أو محاور خطوط تقسيم المياه أو قطاعات طولية للأنهار .

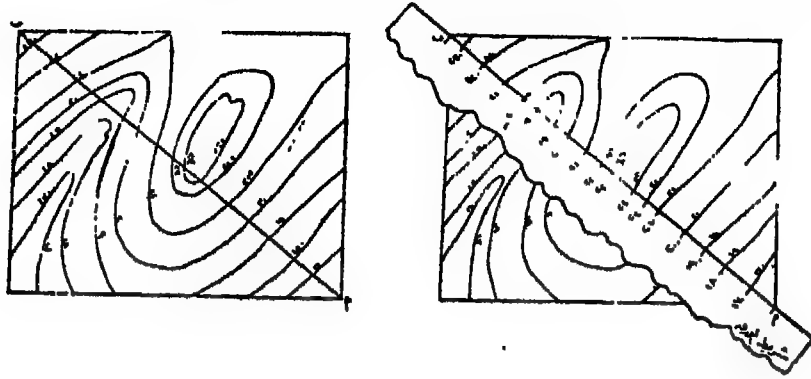
وعلى العموم لا يفضل تخطيط قطاع طول خط ينحرف عن الاتجاه العام لمحاور الظواهر الجيومورفولوجية .

رسم القطاع التضاريسى البسيط :

القطاع التضاريسى البسيط هو الخط المستقيم الواصل بين نقطتين معلومتين على الخريطة . ولرسم هذا القطاع نجرى الآتى :

- ١ - نأتى بوزقة ذات حافة مستقيمة ونضعها على الخريطة بحيث تنطبق حافتها على الخط المحدد للقطاع فى الخريطة الكنتورية .

٢ - نحدد نقط تقاطع حافة الورقة (أى خط) مع خطوط الكنتور ، ونكتب عند كل نقطة قيمة أى منسوب خط الكنتور الخاص بها ، وكذلك أى ظاهرة تتقاطع مع خط القطاع مع كتابة أسماء هذه الظواهر مثل مجرى مائى ، ساحل بحيرة ، طريق ... الخ . (شكل ١)



شكل رقم (٢٤١)

٣ - فى الورقة التى سيرسم عليها القطاع ، نرسم خطا مستقيما أفقيا ثم نضع عليه حافة الورقة السابقة وننقل اليه النقط والمناسيب المحددة لخطوط الكنتور المكتوبة على الحافة ، وأيضا نقط الظواهر المختلفة . ويسمى هذا الخط بقاعدة القطاع أو المحور الأفقى .

٤ - يرسم خط عمودى على الطرف الأيسر لقاعدة القطاع يستعمل كمقياس رأسى للمناسيب . ويجب أن نشير الى أنه يحسن أن يكون مقياس الرسم لهذا المحور الرأسى مساويا تماما لمقياس رسم المحور الأفقى أى مساويا لمقياس رسم الخريطة الكنتورية المحدد عليها خط القطاع المطلوب رسمه . وفى الواقع فإن هذا لا يتحقق الا عند رسم قطاعات من خرائط كبيرة المقياس مثل ١ : ٥٠٠٠ أو ١ : ١٠٠٠٠ وذات فاصل رأسى فى حدود ٥٠ مترا مثلا ، أو فى خرائط ذات مقياس رسم أصغر ١ : ٥٠٠٠٠ أو ١ : ١٠٠٠٠٠٠ على الأكثر وذات فترة كنتورية لا تقل عن ١٠٠ مترا ، أو بمعنى آخر عند رسم قطاعات من خرائط تفصيلية أو طبوغرافية ذات فترة كنتورية مناسبة . وفى هاتين الحالتين من الممكن رسم القطاع بحيث يكون ما يقابل كل ١ سم فى المحور الأفقى يساوى ما يقابل كل ١ سم على المحور الرأسى . ولكن

غالباً ما نضطر الى اختيار مقياس رسم للمحور الرأسى يختلف عن مقياس رسم المحور الافقى (الخريطة) ، وذلك لأن الامتدادات الافقية تفوق كثيراً المناسيب الرأسية ، خاصة فى الخرائط صغيرة المقياس أو الخرائط متوسطة المقياس ذات الفاصل الرأسى المحدود . فعلى سبيل المثال عند رسم قطاع من خريطة مقياس رسمها ١ : ١٠٠.٠٠٠ يمر بمناسيب تتباين فى مدى محدود ، وكان أعلى منسوب يمر به خط القطاع ٦٠٠ أو ٧٠٠ مثلاً أو حتى ١٠٠٠م ، فعند الالتزام بتوحيد مقياس الرسم على المحورين الافقى والرأسى سيكون طول المحور الرأسى ٠.٦ أو ٠.٧ أو ١ سم . وفى الواقع أننا لن نستطيع دراسة شكل سطح الارض على طول خط القطاع أو نتبين أى ظاهرة منه ويصبح فى النهاية عديم الفائدة . وتبرز هذه المشكلة فى حالة مقاييس الرسم الصغيرة التى يبدو معها شكل القطاع التضارىسى فى النهاية على شكل خط شبه مستقيم . لذا نضطر الى رسم المقياس الرأسى مكبراً بالنسبة للمقياس الافقى . وهذا التكبير يطلق عليه تعبير المبالغة ، أى نضطر الى المبالغة فى التضارىس حتى يمكن اظهار شكل سطح الارض بالنسبة للامتداد الافقى . وفى المثال السابق قد نختار مقياساً رأسياً بحيث يكون كل واحد سم به يساوى ١٠٠ متر مثلاً، بينما مقياس الرسم الافقى كل ١ سم به يساوى ١٠٠٠ متراً ، ومن ثم نكون قد كبرنا المقياس الرأسى ١٠ مرات أى بالغنا فى التضارىس ١٠ مرات . ويسمى هذا التكبير بنسبة المبالغة أو قيمة المبالغة . ولذلك لابد من أن نكتب مقدار المبالغة أسفل القطاع على المقياس الافقى والرأسى .

ولتحديد مقدار المبالغة نتبع القانون التالى :

$$\frac{\text{قيمة وحدة المقياس الافقى بالمتر (أو بالقدم)}}{\text{قيمة الفاصل الرأسى بالمتر (أو بالقدم)}}$$

ويوضح لنا الناتج ما اذا كنا سنرسم القطاع بمبالغة رأسية أو بدونها ، كما نستطيع أن نحدد المقدار المناسب للمبالغة قبل البدء فى الرسم .

فى خريطة مقياس رسمها ١ : ١٠٠.٠٠٠ بها خطوط كنتورية ذات فاصل

رأسى = ١٠٠م فإن ناتج القانون السابق =

$$\text{وحدة المقياس الافقى} = \frac{١٠٠}{١٠٠} = ١ \text{ وهذا يعنى أن مقياس رسم المحور}$$

الافقى يناسب تماما المحور الرأسى .

وفى خريطة مقياس رسمها ١ : ٢٠.٠٠٠ بها خطوط : خورية ذات فاصل

$$\text{رأسى} = ١٠٠\text{م فإن ناتج القانون} = \frac{٢٠٠}{١٠٠} = ٢ \text{ أى أنه اذا رسم المحور}$$

الرأسى بمقياس كل ١ سم به يساوى قيمة الفاصل الرأسى (١٠٠) ، فإن المبالغة بالنسبة للمقياس الافقى تكون مرتان . وهنا يحسن رسم المحور الرأسى بدون مبالغة وذلك برسم كل ١ سم = ٢٠٠م أى أن قيمة الفاصل الرأسى على المحور الرأسى = ١/٢ سم .

وفى خريطة مقياس رسمها ١ : ٣٠٠.٠٠٠ بها خطوط كنتورية ذات

$$\text{فاصل رأسى} = ٥٠ \text{ فإن ناتج القانون} = \frac{٣٠٠٠}{٥٠} = ٦٠ \text{ أى أن نسبة المبالغة} =$$

٦٠ مرة . ولكن مقدار المبالغة هنا كبير ولن يعطى فكرة سليمة عن أشكال انحدار سطح الارض . وفى هذه الحالة ينبغى تصغير قيمة المبالغة الى أقصى حد ممكن وليكن كل ٢ ملليمتر على المحور الرأسى = ٥٠م أى كل ١ سم = ٢٥٠م فتكون المبالغة ١٢ مرة . وفى الحالات التى يتعذر فيها اختيار نسبة مبالغة معقولة يفضل تكبير مقياس الرسم الافقى للقطاع .

وهناك شبه اتفاق فى القطاعات المرسومة فى الخرائط الانجليزية على

أن تكون نسبة المبالغة على النحو الآتى :

شكل التضاريس ومقدار المبالغة			المقياس
تضاريس ضحلة أو باهتة	تضاريس متوسطة	تضاريس حادة	
٥ر٢٥	٢ر٥٠	١ر١٠	١ : ٦٣٣٦٠
٥ر٢٠	٢ر٥٠	١ر٥٠	١/٢ بوصة للميل
١٠ر٥٠	٤ر٢٥	٤ر٢٥	١/٤ بوصة للميل

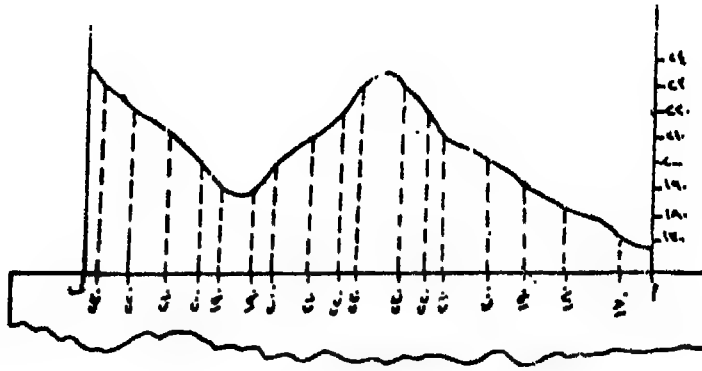
وعلى غرار النسب المأخوذة على قطاعات الخرائط الانجليزية وضع
الجدول الآتى بالنسبة للمقاييس للفرنسية المستعملة فى الخرائط المصرية .

شكل التضاريس بمقدار المبالغة			المقياس
تضاريس ضحلة أو باهتة	تضاريس متوسطة	تضاريس حادة	
٢	١	١	٢٥٠.٠٠٠ : ١
٢.٥	١.٥	١	٥٠.٠٠٠ : ١
٣	١.٥	١	١٠٠.٠٠٠ : ١
١٠.٥	٤	٤	٢٥٠.٠٠٠ : ١
٢٠	٨	٨	٥٠٠.٠٠٠ : ١

٥ - بعد رسم المحور الافقى وبعد ما عرفنا مقدار المبالغة المناسب ،
ورسم على أساسه المحور الرأسى وجرى تدريجه ، نقيم أعمدة من النقط
المختلفة التى رسمت على قاعدة القطاع بحيث يكون طول كل عمود مناسب
للمنسوب المدون أسفل كل نقطة حسب مقياس الرسم المنتخب للمحور
الرأسى .

٦ - نصل بين أطراف هذه الأعمدة بدون استعمال المسطرة ، لأنه
لا يوجد جزء من سطح الأرض مستو تماما الا فى حالة مرور خط القطاع
بسطح ثابت كالبحيرات أو عند تماس خط القطاع لخط كنتور . وفى حالة
ما اذا كان خط القطاع يمر بنقطتين متساويتين فى المنسوب نصل خط القطاع
بينهما على شكل منحنى الى أعلى كما لو كنا بصدد قمة جبلية أو مرتفع أو
منحنى الى أسفل ، وذلك بالرجوع الى الخريطة الكنتورية نفسها ، فاذا
كانت المنطقة المحصورة بين هاتين النقطتين تقع أعلى من منسوبهما جرى
التوصيل بخط منحنى الى أعلى والعكس صحيح (شكل ٢٤٢) .

٧ - يكتب على القطاع أسماء أشكال السطح أو الاسماء الأخرى
المذكورة على الخريطة الكنتورية ويمر بها خط القطاع مثل نهر كذا أو
بحيرة كذا .



شكل رقم (٢٤٢)

٨ - يكتب أسفل القطاع أو فى مكان مناسب منه المقياس الأفقى والمقياس الرأسى ونسبة أو مقدار المبالغة . وكذلك الاتجاهات على طرفيه لمعرفة التوجيه الصحيح للقطاع ، وإيضاً الحرفان الأبجديان المحددان لبدايته ونهايته مثل أ ، ب .

القطاعات التضاريسية غير المستقيمة :

قد تدعو الحاجة الى رسم قطاعات ممتدة على شكل خطوط متعرجة أو منحنية وفى هذه الحالة لا يمكن رسمها بواسطة الورقة ذات الحافة المستقيمة . ومن أمثلة هذه القطاعات غير المستقيمة تلك التى تنشأ على طول محور سلسلة جبلية (خط تقسيم مياه أو محور أراضى ما بين الأودية) أو على طول طريق متعرج أو مثل قطاع طولى لمجرى مائى أو محور وادى جاف .

وتنحصر المشكلة فى صعوبة توقيع النقاط التى تتقاطع فيها خطوط الكنتور مع هذا الخط المتعرج ، وللتغلب عليها يستعمل الفرجار ذو السنين (المقسم) . يستخدم هذا الفرجار فى فرد الخط المتعرج الواصل بين خطوط الكنتور أو فرد النهر وتوقيعه على قاعدة القطاع . وطريقة الرسم هى :

١ - يرسم خطاً أفقياً يكون هو قاعدة القطاع (المحور الأفقى للقطاع) .

٢ - يرسم فى الطرف الأيسر للمحور الأفقى عموداً يحدد عليه المناسب (المحور الرأسى) بنسبة المبالغة المناسبة ، ويرسم هذا المحور

الرأسى على طرف واحد فقط من المحور الافقى لحين الانتهاء من رسم القطاع فيرسم المحور الرأسى الآخر (الايمن) . ذلك لأن طول المحور الافقى فى هذه الحالة ليس هو الخط أو المسافة المباشرة بين بداية القطاع ونهايته على الخريطة الكنتورية ، ولكن طول الطريق أو النهر أو محور السلسلة الجبلية .

٣ - يفتح المقسم فتحة صغيرة ولتكن ٣ ملليمتر ، ويوضع عند بداية خط القطاع وينقل فوقه متتبعا تعاريجيه حتى التقاؤه بأول خط كنتور . وبمعرفة عدد النقلات وضربها فى سعة فتحة المقسم نحصل على طول الجزء من القطاع من بدايته حتى التقاؤه بأول خط كنتور . فإذا كان عدد النقلات ١٠ وسعة المقسم ٣ ملليمتر ، اذن طول هذا الجزء $10 \times 3 = 30$ ملليمتر أى ٣ سم . وهكذا ننتقل بالمقسم بنفس الفتحة على طول خط القطاع المتعرج من خط كنتور الى آخر بالترتيب ، وفى كل مرة نسجل حاصل ضرب عدد النقلات \times السعة ونسجل الناتج فى ورقة خارجية مساعدة لتجنب الوقوع فى الخطأ أو السهو حتى نهاية القطاع . كما فى المثال التالى :

النقطة	المسافة بين خطوط الكنتور على القطاع	المنسوب
١ (بداية القطاع)	صفر	فوق منسوب ١٠٠٠ م مثلاً
٢	٣ سم $(3 \times 10 = 30 \text{ ملم})$	١٠٠٠
٣	٣ر٦ $(3 \times 12 = 36 \text{ ملم})$	٩٠٠
٤	٣ر٦ $(3 \times 11 = 33 \text{ ملم})$	٨٠٠
٥	٠ر٦ $(3 \times 2 = 6 \text{ ملم})$	٧٠٠
٧	٣ $(3 \times 10 = 30 \text{ ملم})$	٦٠٠
٨	٤ر٢ $(3 \times 14 = 42 \text{ ملم})$	٥٠٠
٩ (نهاية القطاع)	٣ر٧ $(3 \times 9 = 27 \text{ ملم})$	أقل من منسوب ٥٠٠ وأعلى من منسوب ٤٠٠

٤ - توقع هذه المسافات على المحور الافقى للقطاع ، ويقام من كل نقطة عمود يتناسب مع المنسوب الخاص بها حسب مقياس رسم المحور الرأسى .

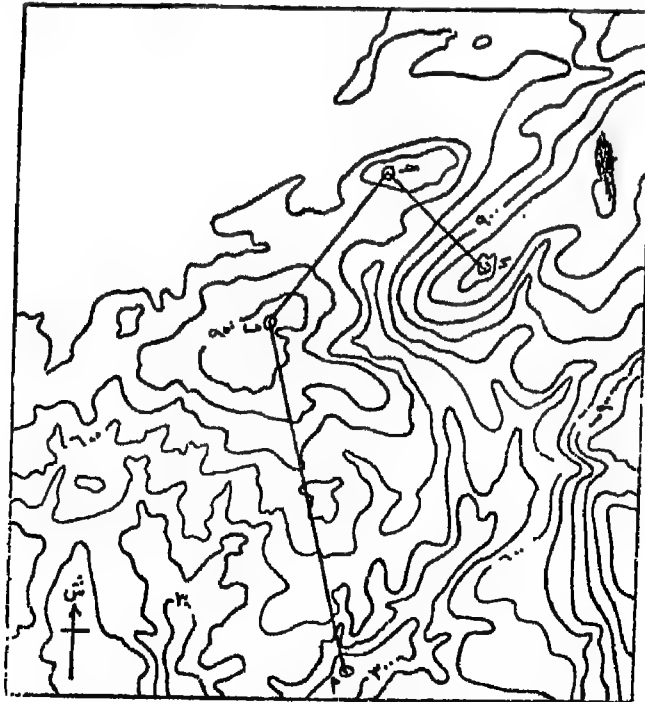
٥ - نصل بين اطراف الاعمدة بخط منحنى فى حدة القطاعات محاور السلاسل الجبلية وبخط منكسر (بالمسطرة) فى حالة القطاعات الطولية للمجارى المائية ومحاور الاودية الجافة ومحاور الطرق (شكل ٢٤٣) .



شكل (٢٤٣) قطاع طولى لمجرى نهرى

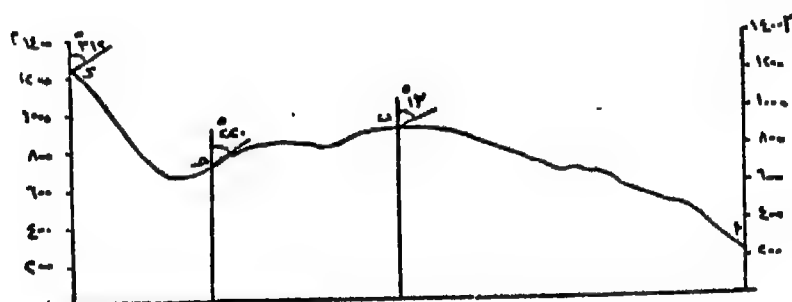
شكل رقم (٢٤٣)

وهناك نوع آخر من القطاعات غير المستقيمة تعرف بالقطاعات الزجراجية وهى تمتد على شكل خط مستقيم منكسر لا يسير فى اتجاه واحد . والغرض من مثل هذا القطاع هو الالمام بفكرة واضحة عن تضاريس اجزاء من المنطقة الممثلة على الخريطة بالإضافة الى الخريطة الكنتورية نفسها (شكل ٢٤٤) .



شكل رقم (٢٤٤)

وطريقة رسم هذا القطاع لا تختلف عن طريقة رسم القطاع التضاريسي البسيط ولكن بشئ من التعديل . فنقوم بنقل نقط تقاطع خطوط الكنتور مع كل جزء من أجزاء خط القطاع على شريط طويل من الورق يكفى لنقل كل النقط الموجودة على طول كل هذه الأجزاء كما لو كانت خطا مستقيما واحدا . وبطبيعة الحال يجرى وضع حافة الورقة المستقيمة على كل جزء من الخط كيفما كان اتجاهه أثناء عملية النقل ، مع توضيح نقط تغير اتجاه أجزاء خط القطاع . ثم يرسم القطاع كالمعتاد على محورين أفقي طوله يساوى طول الخط المنكسر ورأسى مبين عليه المناسيب . ويحدد على المحور الأفقى نقط تغير اتجاه أجزاء خط القطاع ويقام منها أعمدة حتى القطاع المرسوم ويمد على استقامته خارجة بمسافة مناسبة . يرسم من نقط تقاطع هذه الأعمدة مع القطاع خط مائل بأى زاوية يكتب عليها زاوية انحراف أجزاء خط القطاع عن الشمال أو زاوية الاتجاه بين أجزاء خط القطاع (شكل ٢٤٥) .



شكل رقم (٢٤٥)

فائدة القطاعات العرضية للاودية الطولية ومجاريها النهرية فى الدراسات الجيومورفولوجية :

يمثل القطاع العرضى للوادی شكل الوادی من جانب الى الجانب الآخر ، فهو خط يصل بين نقطتين على جانبي الوادی مارا بقاعه وبخط المجرى . ومن ثم فان القطاع العرضى عادة ما يكون على طول خط مستقيم عمودى على الوادی . ولكن هناك حالات لابد فيها من تعديل اتجاه خط القطاع

حتى يكون معبراً تعبيراً فعلياً عن انحدارات جانبى وشكل الوادى ، فقد نضطر الى رسم خط زجاجى يمتد عبر الوادى حتى تكون اجزاء خط القطاع عمودية على خطوط الكنتور .

ويوضح القطاع العرضى للوادى الشكل العرضى للوادى من حيث اتساعه العام ودرجة انحدار جانبيه والتفاصيل الثانوية التى تظهر على انحدارات القطاع ، وايضا تحديد الوضع الجيومورفولوجى لهذا الوادى من دورة التعرية ، فقد يكون واديا عاديا فى مرحلة ما (الشباب - النضج - الكهولة) او يعطى صورة عن اجزاء هذا الوادى من دورة التعرية ، فقد يكون واديا عاديا فى مرحلة ما تبرزها هذه القطاعات هى ظاهرة الاودية المركبة والتى يمكن ارجاعها لأكثر من سبب من الاسباب الآتية :

- ١ - عدم تسوية منحدرات جوانب الاودية فى المناطق التى يختلف فيها نوع الصخر من حيث صلابته ودرجة مقاومته لعوامل التعرية .
- ٢ - نتيجة لعملية التجديد أى هبوط مستوى القاعدة .
- ٣ - تأثر الوادى النهري بالتعرية الجليدية .

وهناك ظاهرة أخرى تصورها هذه القطاعات العرضية للاودية وهى عدم التناسق ، وتتصف بهذا الشكل الاودية النهرية التى تسير موازية لخط المضرب المعروفة باسم الاودية التالية .

والقطاع الطولى له أهمية خاصة بالنسبة للجغرافى والهيدرولوجى ومهندس الرى الجيولوجى ، اذ أن هذا القطاع يوضح أقسام الانحدار المختلفة من منبع النهر الى مصبه . وهذه الانحدارات لها أهميتها بالنسبة للدراسات الجيومورفولوجية اذ أنها ترتبط بجوانب أخرى مثل مقدرة النهر على النحت أو الارساب والمرحلة التى يمكن أن يكون عليها النهر فى دورة التعرية . كما تظهر فى القطاع الطولى بعض الاجزاء التى يشتد فيها الانحدار كثيرا على شكل مساقط مائية . وتلفت هذه الظاهرة على القطاع الطولى نظير الجيومورفولوجى الى أسئلة هامة تتعلق بكيفية نشأة هذه المساقط المائية . كما أن القطاع الطولى يوضح بصفة عامة المناطق التى توجد بها فرصة أكبر للتبخر .

وتعطى القطاعات الطولية للانهار فكرة عن مراحل تطورها ، فاذا كان القطاع قليل الانحدار مقعرا دل على أن النهر قد وصل الى مرحلة التعادل .
اما اذا وجدت عليه بعض النقاط التى تزداد عندها سرعة جريان النهر فهذه يمكن ارجاعها الى أكثر من سبب .

١ - تأخر فى عملية تسوية النهر لقاعه وذلك لوجود صخور صلبة ، وهذا بالطبع يمكن التحقق منه بالرجوع الى الخريطة الجيولوجية ، وكذلك التعرف على الظواهرات الجيومورفولوجية التى نشأت على جانبي الوادى نتيجة لوجود هذه الصخور .

٢ - تأثر النهر وواديه بالتعرية الجليدية بمعنى مدهامة الجليد للوادى النهري وتحويله الى وادى جليدى ثم عودة الوادى الى طبيعته النهرية .

٣ - تأثر النهر بعملية التجديد خاصة اذا كان هذا المسقط المائى الظاهر على القطاع مرتكزا على تكوينات جيولوجية لينة .

واذا ما تبين للدارس أسباب هذه المساقط وتمكن من معرفة مناسيب تلك التى ترجع أساسا الى هبوط مستوى القاعدة ، فإن هذه المناسيب تشير الى حد ما الى المناسيب التقريبية لمستوى مياه البحار التى كانت تصب فيها هذه الانهار .

ولكى تتضح الخصائص الجيومورفولوجية للاودية النهرية والربط بين نقط التجديد على القطاعات الطولية للمجارى النهرية والمصاطب النهرية التى تظهر على القطاعات العرضية ، يحسن رسم القطاعات العرضية للاودية مع القطاعات الطولية للانهار .

رسم القطاعات العرضية للاودية على القطاع الطولى للنهر :

يمثل كل من القطاع الطولى للنهر والقطاع العرضى للوادى انحدار سطح الارض بين نقطتين . الاول متعرج يبين انحدار المجرى ، والثانى يبين انحدار سطح الارض على جانبي المجرى . وكما أشرنا من قبل فان هذين القطاعين يعطيان فكرة عن مراحل تطور الانهار وأوديتها، وكذلك الخصائص الجيومورفولوجية لعناصر الوادى من المنبع الى المصب .

ولكن يسهل الربط بين درجة وشكل انحدار المجرى النهري ودرجة وشكل انحدار قساع وجانبا الوادي ، فقد اعتاد الجيومورفولوجيون رسم القطاعات العرضية لأجزاء مختلفة من الوادي على القطاع الطولي للنهر، قطاع عند نقطة ما في منطقة المنبع ، وقطاع ثان في الجزء الاوسط، وقطاع ثالث في منطقة المصب . وعادة لا تكفى هذه القطاعات الثلاثة ، بل تدعو الحاجة الى رسم مجموعة من القطاعات العرضية حتى يمكن تبين العلاقة بين مجرى النهر وجانبا واديه بوضوح .

ولرسم القطاعات العرضية لأجزاء الوادي على القطاع الطولي لمجرى .
نجرى الآتى :

١ - تخطط القطاعات العرضية على الخريطة الكنتورية ، وبمفسر الشروط السابق ذكرها في رسم القطاعات العرضية .

٢ - عند نقل تقاطع خطوط الكنتور مع المجرى النهري لرسم القطاع الطولي ينقل معها أيضا نقط تقاطع القطاعات العرضية مع المجرى .

٣ - بعد رسم القطاع الطولي لمجرى النهر يحدد عليه نقط تقاطعه مع القطاعات العرضية .

٤ - نأتى بشريط الورق ونضعه فوق خط القطاع العرضي وننقل عليه نقط تقاطعه مع خطوط الكنتور ونقطة تقاطعه مع المجرى النهري .

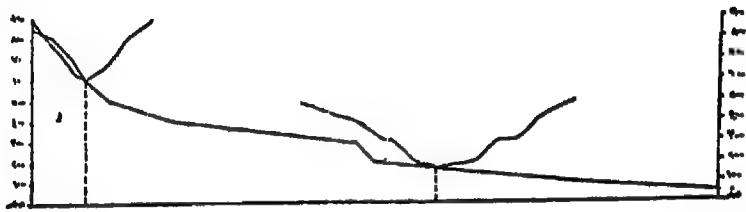
٥ - نوضع نقطة تقاطع القطاع العرضي مع المجرى المسجلة على شريط الورق فوق النقطة المناظرة لها على القطاع الطولي ، بحيث تكون حافة شريط الورق موازية للمحور الافقى للقطاع الطولي .

٦ - يرسم القطاع العرضي بحيث يمر الخط المقعر الواصل بين النقطتين الواقعتين على جانبي نقطة تقاطع القطاع العرضي بالمجرى بنقطة تقاطع القطاع العرضي بالقطاع الطولي .

٧ - قد ترسم في بعض الاحيان القطاعات العرضية بدون مبالغة راسية ويرجع هذا عادة الى أن الفارق الراسي بين قاع الوادي وأعلى جانبيه يكون

كبيرا بدرجة كافية لرسمه بنفس المقياس الافقى . وفى هذه الحالة يرسم القطاع العرضى محصورا بين قاعدته ومحوريه الرأسين الايمن واليسر ، ويتم تدريج المحوران الرأسيان . ولكن عند رسم القطاع العرضى الممثل لشكل الوادى فى منطقة المصب ، حيث القاع متسع والجانبان محدودا الارتفاع ، فيفضل رسمه بنفس مقدار المبالغة للقطاع الطولى ولا يتم حصره بين محورين رأسيين لعدم الحاجة اليهما لأن تدريج المحور الرأسى للقطاع الطولى ينطبق مع مقياس الرسم الرأسى له . وعلى هذا يتغير المقياس الرأسى من قطاع لآخر مما يضل عملية المقارنة والدراسة .

لذلك يحسن ان ترسم جميع القطاعات العرضية بنفس مقياس الرسم المستخدم فى القطاع الطولى (شكل ٢٤٦) .



شكل رقم (٢٤٦)

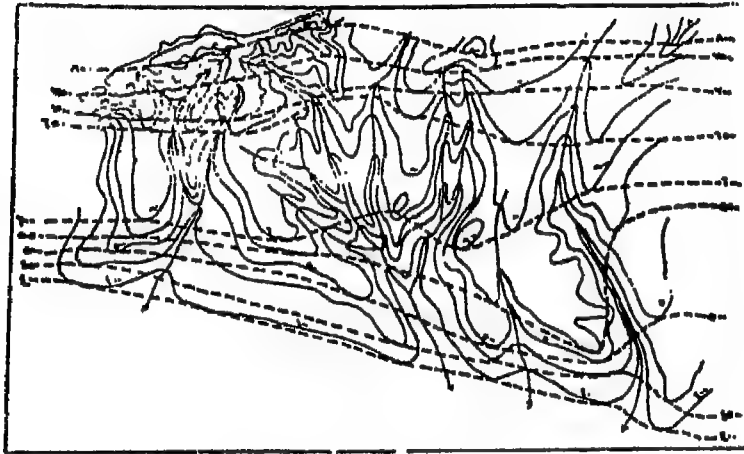
خريطة الكنتور البسيط :

من المعروف أن التعاريح والانثناءات الموجودة على خطوط الكنتور هي نتيجة لتعرض سطح الأرض لعمليات مختلفة من التعرية وخاصة التعرية النهرية الممثلة فى المجارى المائية العديدة التى لها الدور الأكبر فى تعقيد خطوط الكنتور . أى أنه لولا هذه المجارى المائية لكان سطح الأرض أكثر انتظاما فى انحداره ولكانت خطوط الكنتور أكثر استقامة وأقل عددا .

والرجوع بالخريطة الكنتورية الى عصور جيولوجية أقدم يتحقق ببسط الخطوط الكنتورية عن طريق التقليل من التعاريح والانثناءات الموجودة بها أى بملء الفجوات التى أوجدتها عوامل التعرية المختلفة على سطح الأرض . وعملية ملء الفجوات هذه بمثابة ترميم لتصدعات أحدثتها عوامل التعرية

هذه • وسبيلنا الى دراسة تطور سطح الارض اى حالته انى كان عليها قبل وجود هذه الفجوات هى الخطوط الكنتورية المبسطة •

ويتم اجراء هذه العملية على الخريطة الكنتورية بربط النقط ذات الارتفاعات المتساوية لأراضى ما بين الاودية بخطوط مستقيمة تخترق هذه الاودية التى بينها • ووسائل ربط هذه النقط تتوقف على الغاية التى يريد الجغرافى أن يبرزها ، فاذا أراد أن يرجع بسطح الارض الى مرحلة قريبة من حالته الراهنة فعليه أن يملأ وديان الانهار الرافدية الصغيرة • أما اذا أراد الرجوع الى مرحلة أقدم يملأ وديان الروافد الرئيسية ثم أودية الانهار الكبيرة اذا أراد أن يرجع الى مرحلة أقدم من ذلك (شكل ٢٤٧) •



شكل رقم (٢٤٧)

وبعد اجراء عملية الخطوط الكنتورية المبسطة تظهر هذه الخطوط فى النهاية على شكل نمطين : نمط تتقارب فيه الخطوط الكنتورية دلالة على شدة انحدار سطح الارض وآخر تتباعد فيه هذه الخطوط دلالة على استواء سطح الارض أو قربه من الاستواء وهنا يمكن تعليل هذا التتابع من الاراضى المستوية والاراضى المنحدرة وارجاعها لسبب أو أكثر من الاسباب الآتية :

١ - ارتباط هذا التتابع بنوع الصخر ونظامه ، أى ارتباط الاراضى المنحدرة بطبقة صخرية صلبة مقاومة لعمليات التعرية ، أو ارتباط هذه الاراضى بخطوط انكسارات • وفى كلتا الحالتين يمكن ربط الخريطة الكنتورية

المبسطة بالخريطة الجيولوجية • وأن الاراضى المستوية ترتبط بالصخور
الليينة قليلة المقاومة لعمليات التعرية •

٢ - أن الاراضى المستوية ما هى الا مصاطب أو أرضة بحرية ولائذات
ذلك لابد من البحث والتنقيب عن الرواسب البحرية •

٣ - أن الاراضى المستوية ما هى الا مصاطب نهريّة (سهول فيضية
قديمة) وأن هذه الاراضى تمثل مرحلة من مراحل استقرار مستوى القاعدة •

التلوين والتظليل فى الخرائط التضاريسية :

تعتمد هذه الوسيلة فى إبراز شكل سطح الارض على الخريطة
الكنتورية ، بل فى كثير من الاحيان يعتبر التلوين والتظليل ما هو الا تلوين
أو تظليل الخريطة الكنتورية ولكن فى بعض الاحيان يصعب تلوين الخريطة
الكنتورية كما هى بسبب ازدحام وتقارب خطوط الكنتور • ذلك لأن التلوين
أو التظليل يعتمد على فكرة درجات اللون الواحد أو درجات التظليل ، ومن
ثم كان من الضروري اختصار هذه الخطوط بمعنى آخر تجميع عدة فواصل
رأسية (فترات كنتورية) فى درجة لونية واحدة • فخرطة بها ٣٠ خط
كنتور مثلاً ، تحتاج الى ٣٢ درجة لون أو ظل • ومن الصعب وجود هذا
العدد من الظلال الكافية للتلوين أو التظليل ، ولهذا تلون أو تظلل الخريطة
فى حدود عدد معقول من الظلال ، بحيث لا يؤثر اختصار خطوط الكنتور
على الخصائص التضاريسية •

التلوين : يستعمل اللون البنى عادة فى تلوين المناطق المرتفعة فى
الاطالس أو الخرائط الحائطية العامة • ويتدرج اللون من البنى الفاتح حتى
الداكن ، من حضيض المرتفعات حتى قممها ، وفى الخرائط الألمانية يستخدم
اللون البنفسجى • وعلى كل حال يتدرج اللون حتى لا تبدو التضاريس على
شكل سلمى • وتستخدم بعض الالوان الاخرى فى خرائط التضاريس بجانب
اللون البنى ، وهى اللونين الاخضر للمناطق المنخفضة السهلية وهو عادة
على درجتين أخضر داكن للمناطق السهلية المجاورة لسطح البحر ، والاخضر
الفاتح للمناطق السهلية التى تعلوها • واللون الاصفر بدرجتيه للمناطق
متوسطة الارتفاع • وقد يضاف اللون الابيض للاجزاء العليا من المناطق

الجبلية التى يغطيها الجليد طول العام • أما المناطق التى ينخفض منسوبها عن مستوى سطح البحر فهذه تلون باللون الرمادى المائل الى الاخضرار •

التظليل : توجد طريقتان للتظليل هما :

١ - طريقة النقط : ويتم بتنقيط النطاقات المحصورة بين خطوط الكنتور المختارة بحيث تزداد كثافتها بازدياد الارتفاع • وهى تتدرج بانتظام بغض النظر عن خطوط الكنتور •

٢ - طريقة الخطوط المتوازية : وهى عبارة عن رسم خطوط متوازية ومتجاورة فى نطاقات ما بين خطوط الكنتور، تزداد تقارباً بازدياد الارتفاع من ثبات سمك الخط • أو بازدياد سمك الخط مع زيادة الارتفاع مع ثبات المسافة بين الخطوط •

وهناك فرق بين هذين النوعين من التظليل • فبينما يتدرج التظليل بالنقط من حضيض المرتفعات حتى قممها بطريقة تدريجية دون الالتزام بدقة خطوط الكنتور ، فان التظليل بالخطوط يعتبر نوع من أنواع التظليل المساحى المحصور فى مدى احصائى أى مدى عددى يحدده خطى الكنتور المحصور بينهما الظل • ولذلك يجب رسم مفتاح للظلال أسفل الخريطة أو فى مكان مناسب ويكتب أمام كل ظل منسوب خط الكنتور الذى يحدده من أسفل ومنسوب الخط الذى يحدده من أعلى •

الفصل الثامن عشر

الخرائط الجيولوجية

الخريطة الجيولوجية هي اللوحة التى تبين توزيع وطبيعة التكاوين الصخرية المختلفة الممثلة فى منطقة ما . وتوقع المعلومات الجيولوجية عادة على خريطة كنتورية يطلق عليها فى هذه الحالة اسم خريطة الاساس Basen map وعلى هذا فتبين الخريطة الجيولوجية البيانات الآتية :

١ - المظهر التضاريسى للمنطقة الممثلة على الخريطة بدقة كبيرة حسب ما يسمح به مقياس الرسم المستعمل، وذلك باستخدام طريقة الخطوط الكنتورية . ذلك لأن هذه الطريقة تعطى التأثير الكمى لمناسيب سطح الارض .

٢ - نوع الصخر ونظامه ، وتظهر الانواع الصخرية عن طريق مكاشفها ويحدد مكشف كل نوع صخرى بخطين يفصلانه عن مكاشف الصخور المجاورة . وتسمى هذه الخطوط بأسطح الانفصال Bedding Planes . ويقصد بنظام الصخر الاوضاع التى تتخذها الصخور والعلاقة بين كل صخر وآخر مثل درجة الميل واتجاهه عند كل النقط التى رصد عندها ، الفواصل ، الشقوق ، الالتواءات ، الانكسارات ، سطوح عدم التوافق .

٣ - بعض المعلومات الاقتصادية مثل طبيعة ونوع التربة وأماكن وجود مواد البناء والخامات المعدنية ذات الاهمية الاقتصادية ، واتجاه امتداد هذه الخامات . كما توضح بيانات عن مصادر المياه الجوفية .

فائدة الخريطة الجيولوجية للجغرافى :

تساعد الخريطة الجيولوجية الجغرافى فى فهم طبيعة ونوع أشكال سطح الارض . فالجغرافيا فى أبسط مدلولاتها هى دراسة علاقة الانسان

بالبيئة المحيطة به دراسة تحليلية . والارض التى يمارس عليها الانسان نشاطاته المختلفة تتكون بلا شك من مواد صخرية متنوعة تتخذ اوضاعا مختلفة . ودور الانسان وتأثيره لا يتعدى عادة أمتار قليلة من اجمالى السمك الرأسى للقشرة الارضية التى تعيش فوقها ، وهى التربة التى يستزرعها حيث تنبت له مأكله وملبسه ومنها يستمد فى أغلب الاحيان مواد مسكنه . وقد يمتد تأثيره بصفة عشرات أو مئات أو حتى آلاف من الامتار عمقا فى هذه القشرة عند استخراجها للخامات المعدنية أو دق آبار البترول والمياه الجوفية لكن وجوده فى هذه الحالة لا يحمل صفة الدوام ، فحياة الانسان الطبيعية فوق سطح الارض .

وسطح الارض الذى يعيش فوقه الانسان يتباين فى منسوبه من جهة لأخرى ليعطى أشكال تضاريسية مختلفة ، ومعرفة نوع الصخر ونظامه تلقى ضوءا على نوع التضاريس المرتكزة على هذه الصخور ، فتتباين التضاريس تبعا لتباين الصخور . فالمناطق شديدة الانحدار هى المناطق ذات الصخر الصلب ، أما الصخور اللينة فغالبا ما نجد عليها تضاريس بطيئة الانحدار . ولكن لا ينبغى أن ننظر الى أن كل انحدار شديد يرتبط بصخر صلب ، وكل انحدار بطيء يرتبط بصخر لين . فالعوامل الجيومورفولوجية تشكل وتعديل من هذا المظهر التضاريسى الاصلى أو المظهر التضاريسى الجيولوجى الذى ترتبط فيه الطبقة الصخرية الصلبة بالانحدار الشديد واللينة بالانحدار الباطىء . وتباين التضاريس الناتج عن تباين الانواع الصخرية والتراكيب المختلفة له أثره على الاستقرار البشرى والنشاط الاقتصادى . فعلى الحافات شديدة الانحدار لا نتوقع وجود استقرارا بشريا أو نشاطا اقتصاديا ملموسا بعكس الحال فى بطون الاودية التى تكونت فوق الصخور اللينة والتى تفصل بين هذه الحافات بعضها عن بعض . وإذا ما عرفنا أن الصخور اللينة عادة ما تكون صخورا غير مسامية مثل الصلصال والطفل والحجر الطينى Mud Stone والحجر السلتى Silt Stone ، فإن المياه المتسربة فى الصخور الصلبة المسامية مثل الحجر الرملى أو المنفذة مثل الحجر الجيرى التى تعلوها والتى تكون الحافات ، تخرج على شكل ينابيع من أسطح الانفصال وتكون مسيلات نهريه تكسب التربة شيئا من الرطوبة تصبح بعدها مناطق

قابلية للزراعة والاستقرار البشرى . وقد يكون خط الزنابيع هذا مرتبط بتركيب انكسارى .

ونوع الصخر أيضا له أهميته فى تحديد كثافة ونوع الحياة النباتية . فاحيانا نجد منطقة تخضع لظروف مناخية واحدة ، ولكنها رغم ذلك متباينة فى نباتها الطبيعى . ولاشك أن ذلك مرجعه الى اختلاف نوع الصخر . فالصخور المسامية والمنفذة لا تسمح بوجود مسيلات مائية ولذا تكون التربة جافة . أما المنطقة التى تتركز على حجر طينى أو صلصال فتكون رطبة تسمح للنبات بالنمو والازدهار . ونلاحظ أيضا أن هناك نباتات معينة تفضل أراضى معينة عن أخرى ، فأشجار البلوط مثلا تزدهر فوق الصلصال بصورة أكثر بكثير من نموها على الطباشير ، وهذا على سبيل المثال .

أما من ناحية الاستغلال المعدنى ، فلاشك أن معرفة نوع الصخر تلقى ضوءا على نوع المعدن الذى يمكن أن نتوقع وجوده . فالفحم مثلا نتوقع وجوده فى مناطق التكوينات الرسوبية فلا نبحت عنه فى الصخور النارية . أما المعادن الفلزية كالذهب والمنجنيز والباريت والاسبستوس والتلك على سبيل المثال توجد على شكل عروق من المعدن أو حاملة له فى الصخور النارية . وكثيرا ما يطلق الجيولوجيون تعبير طبقة الدليل Key bed على الصخور التى تلازم عادة معدنا معينة ، ينقبون عنه فى مناطق تواجدها . فالسرينتين هو دليل معدن التلك ، والمرو يشير الى الذهب والمارل دليل الفوسفات . هذا من ناحية نوع الصخر ، أما من ناحية نظامه ، فان مجرد وجود معدن ما لا يكفى لبدء عمليات الاستخراج . ولعل من أحسن الأمثلة لتوضيح ذلك أننا نبحت عن المصائد البترولية فى الطبقات الحاملة للزيت وليس الطبقة فقط ، وما المصيدة الا تركيب جيولوجى أو نظام صخرى .

يبدو من هذه العجالة أن الآثار التى تتركها الصخور وتراكيبها فى مظاهر السطح كثيرة ومتباينة . ويمكن الربط بينها وبين الظواهر التضاريسية لكى يحددوا نمط النشاط الانسانى الذى يختلف من منطقة لأخرى رغم أن الانسان نفسه لم يتغير .

العلامات والرموز والالوان المستخدمة فى الخرائط الجيولوجية :

توقع المعلومات الجيولوجية على خريطة الاساس (الخريطة الكنتورية)
بالوان واشكال مختلفة من الخطوط الرفيعة والسميكة . ويوجد دائما فى
هامش الخريطة الجيولوجية دليل أو مفتاح يشير الى أو يشرح مغزاها .

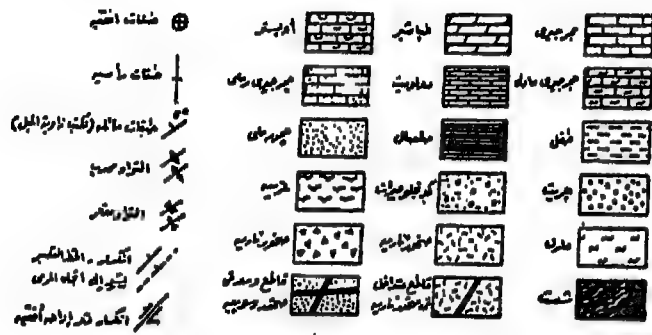
وتستخدم فى رسم الخريطة الجيولوجية ألوان كثيرة ، وتتصف هذه
الالوان بصفة التناظر حتى لا تعطى أى دليل على التدرج فى الانواع
الصخرية . فمن المعروف أن كل نوع صخرى قائم بذاته من حيث تركيبه
ونسجه ولونه وشكله الخارجى . وتوجد هذه الصخور فى الطبيعة بعضها
فوق بعض تبعا لنظام ترسيبها ، فالصخور المرسبة أولا تكون أسفل الصخور
الحديثة وهذه الأخيرة أسفل الصخور الاحداث وهكذا . وعند ظهور هذه
الطبقات فوق سطح الارض لا يكون منسوب الطبقات التدريجى دليلا على
نوعية الصخر . ولهذا لا تستخدم الالوان المتدرجة فى الخرائط الجيولوجية
على الاطلاق مثل استخدامها فى الخرائط الكنتورية . لكن قد يكون
التدرج فى المنسوب دليلا على تتابع الترسيب . وتبين هذه الالوان المتناقضة
أنواعا صخرية معينة تابعة لعصور جيولوجية مختلفة . ونظرا لأن العصر
الجيولوجى ينقسم الى عدة ادوار تحتوى على تكوينات صخرية مختلفة
نجد فى بعض الاحيان يعطى لهذه التكوينات ألوان مشتقة من اللون الاصلى
للعصر . وقد لا يؤخذ العصر كوحدة تلوين يشتق منه ألوان مناسبة . وقد
اصطلح عند استخدام الالوان فى الخرائط الجيولوجية على بعض الالوان
لتمثل أنواعا معينة من الصخور فى خريطة مصر الجيولوجية أصبحت
الالوان الدالة على تكوينات الصخور محفوظة من كثرة استخدامها ، حتى
بدون الرجوع الى دليل الخريطة . فمثلا تدل مجموعة اللون الاحمر
والبنفسجى على صخور ما قبل الكامبرى واللون البنى على صخور الحجر
الرملى التوبى ، واللون الاخضر على الصخور الطباشيرية الكريتاسية
واللون الازرق على الصخور الجيرية الايوسينية وهكذا .

وقد يراد تصوير الخريطة الجيولوجية وعليه فلا يمكن استخدام الالوان
وفى هذه الحالة تستخدم أنماط متنوعة من التظليل كتشكيلات مكونة من

خطوط مستقيمة أو متقطعة أو نقط (شكل ٢٤٨) وأحيانا تستخدم رموز الحروف الهجائية للدلالة على الانواع الصخرية مثل Ss للحجر الرملي Lms للحجر الجيري .

وفى كل الحالات حتى الاصطلاحية منها يجب أن يظهر بيان أنواع الصخور فى دليل الخريطة على شكل عمود بحيث تكون أحدث الطبقات ترسبا فى أعلى العمود وأقدمها عند قاعدته . وتكتب على أحد جوانبه أسماء الصخور ، وعلى الجانب الآخر حيث تضم كل مجموعة تتبع عصر معين أو دور معين اسم هذا العصر أو الدور .

وهناك رموز تستعمل لتدل على الخصائص التركيبية للصخور وهذه أمثلة منها (شكل ٢٤٨) .



شكل رقم (٢٤٨)

قراءة الخريطة الجيولوجية

يمكن الحصول على معلومات وبيانات قيمة عن أنواع الصخور المنطقة الممثلة على الخريطة وتراكيبها الجيولوجية . وقبل تناول طبيعة هذه البيانات وكيفية قراءاتها والاستفادة منها فى الدراسة الجغرافية ، ينبغى معرفة معنى المصطلحات الجيولوجية المستخدمة كلفة علمية فى هذا الصدد .

١ - الطبقة : توجد الصخور الرسوبية عادة فى شكل طبقات تعلو الواحدة منها الأخرى . وتسمى هذه الظاهرة بالتطابق Stratification والطبقة هى سمك ما من صخر معين يمتد فى مساحة كبيرة قد يصل الى

بضعة عشرات الامتار المربعة أو بضعة عشرات أو مئات من الكيلو مترات المربعة . وتتميز طبقة عن أخرى باختلاف فى التركيب الكيميائى أو المعدنى أو النسيج أو اللون . وقد تختلف طبقة عن أخرى بوحدة أو أكثر من هذه الصفات . ويحد كل طبقة سطحين ، أحدهما علوى والآخر سفلى يفصلانها عن كل من الطبقات التى تعلوها وتلك تقع أسفل منها . ويسمى السطح الفاصل بين طبقتين بسطح الانفصال Bedding plane أو خط التلامس Contact . وقد تتكون الطبقة الواحدة من طبقات رفيعة يبلغ سمك الواحدة منها أقل أو أكثر قليلا من سنتيمتر واحد . وتسمى كل واحدة منها بالرقيقة Lamina وجمعها رقائى Laminas ، وقد يتضاعف سمك طبقة ما تدريجيا فى اتجاه معين حتى تتلاشى تماما فى هذا الاتجاه . وفى كثير من الاحيان يقل السمك تدريجيا فى جميع الاتجاهات مما يجعل الطبقة ذات شكل عدسى . وقد يكون امتداد الطبقة فى وضع أفقى فتسمى بطبقة أفقية ، وقد تمتد فى وضع مائل فتسمى بالطبقة المائلة .

٢ - ظاهـر الطبقة (المكشـف) : هو الجزء الذى يظهر من الطبقة الصخرية على سطح الارض . ويلاحظ أن اتساع المكشف يرتبط بعاملين : أولهما سمك الطبقة نفسه ، فمن البديهي أنه كلما زاد السمك اتسعت المساحة المكشوفة من الصخر على سطح الارض والعكس صحيح . وثانيها انحدار سطح الارض ، فقد تكون هناك طبقات صخرية متساوية فى السمك ولكن مكشف أحدهما يشغل مساحة أكبر مما يشغله مكشف الأخرى بسبب انحدار سطح الارض . فيتسع نطاق المكشف كلما قل انحدار سطح الارض ، بينما يقل اتساعه مع زيادة الانحدار حتى يصل الى أقل صورة فى المنحدرات والجروف الرأسية .

٣ - سطح الانفصال : ذكر من قبل أن الطبقة الصخرية تحدد بسطحين علوى وسفلى والواقع أن السطح العلوى لطبقة ما هو الا السطح السفلى للطبقة التى تعلوها ، والعكس صحيح . ذلك أن الطبقات الصخرية لا توجد منفصلة كل عن الأخرى انفصالا ملموسا بل أنه يصعب فى بعض الاحيان التمييز بين طبقتين بخط واضح وصارم ، ذلك لتدرج الخصائص العامة من

طبقة لأخرى . ويظهر سطح الانفصال على الخريطة الجيولوجية على شكل خطين يحددان مكشف الطبقة .

٤ - الميل : هو مقدار الزاوية الرأسية المحصورة بين السطح المائل للطبقة والمستوى الأفقى فى اتجاه معين . ويسمى الاتجاه الذى يبلغ عنده ميل سطح الطبقة أقصاه باتجاه الميل الحقيقى : وهناك ميل آخرى للطبقة قيمتها أقل من قيمة الميل الحقيقى ، وتسمى بالميل الظاهرى . ويقاس الميل بواسطة الكيلومتر أو مسطرة الميل . ويكون اتجاه القياس بدءا من المستوى الأفقى الودهمى المار بـ سطح الطبقة عند نقطة القياس فى اتجاه عقرب الساعة والى أسفل .

٥ - خط المضرب : هو الخط الأفقى على السطح المائل للطبقة . ولتوضيح ماهية هذا الخط ، تخيل سطحاً مائلاً موضوع فى حوض به سائل فسطح السائل فى هذه الحالة يتقاطع مع السطح المائل فى خط أفقى ، وإذا غمر هذا السطح أكثر من ذلك فإن سطح السائل سوف يتقاطع معه فى خط أفقى آخر أعلى من الخط الأول ولكنه مواز له وفى نفس اتجاهه . وحيث أن هذه الخطوط أفقية فإنها تتعامد على الخط الذى يمثل الاتجاه الذى تكون فيه الطبقة مائلة أكثر ما يمكن ، أى خط اتجاه الميل الحقيقى . ويكون لكل خط مضرب منسوب بالنسبة الى قاع الحوض يسمى به ، أما فى الطبيعة فإن مناسيب خطوط المضارب تنسب الى مستوى سطح البحر . ويقاس اتجاه خط المضرب بالنسبة لاتجاه الشمال الحقيقى أو المغناطيسى فيقال اتجاه المضرب ٢٢٠° مثلا وارتفاعه ٣٠٠ م . وخط المضرب بهذا التعريف ما هو الا خط منسوب متساوى على أحد سطحى الطبقة العلوى أو السفلى ، ويشبه تماما خطوط الكنتور فى الخرائط الطبوغرافية . وتظهر خطوط المضرب على شكل خطوط مستقيمة وتتباعدها عن بعضها بمسافات ثابتة فى حالة الطبقات التى تميل ميلا منتظما وسطحها أملس غير مجعد . أما اذا ظهرت خطوط المضرب على مسافات أفقية غير متساوية فهذا دليل على أن سطح الطبقة الصخرية التى تقع عليه غير منتظم الميل . وأحيانا تظهر خطوط المضارب متعرجة ومقوسة ومتداخلة فى بعضها البعض مثل خطوط

الكنطور تماما . وتسمى خطوط المضارب فى هذه الحالة باسم خطوط
الكنطور التركيبية Structure Contour Lines وتبين فى هذه الحالة التراكيب
الثانوية المعقدة مثل الالتواءات بأنواعها والانكسارات بأنواعها ، و سطح
الطبقة فى هذه الحالة يكون أيضا موج غير مستوى .

العلاقة بين خط المضرب وخط الكنتور :

أ - خط الكنتور هو الخط الناتج عن تقاطع مستوى أفقى مع سطح
الارض ، ولما كان سطح الارض غير منتظم فان خط الكنتور يصبح متعرجا .
وكذلك خط المضرب هو الخط الناتج عن تقاطع مستوى أفقى مع سطح
الطبقة ، وعندما يكون سطح الطبقة أملس تصير خطوط المضارب مستقيمة
تماما ، أما فى حالة تموجها فتشبه تماما خطوط الكنتور فى تعرجاتها
وانحناءاتها .

ب - تبين خطوط الكنتور انحدار سطح الارض ، وكذلك تبين خطوط
المضارب ميل الطبقة . لذا كلما تقاربت خطوط المضرب دل على شدة ميل
الطبقة والعكس صحيح كما هو الحال بالنسبة لخطوط الكنتور .

ج - تسمى المسافة الرأسية بين خطوط الكنتور بالفارق الرأسى أو
الفترة الكنتورية كذلك تسمى المسافة الرأسية بين خطوط المضرب بالفترة
المضربية أو الفارق الرأسى المضربى . أما المسافة الأفقية بين خطوط المضرب
فتسمى المسافة المضربية وتتناسب المسافة المضربية تناسباً عكسياً مع مقدار
الميل . أى كلما زادت درجة الميل كلما صغرت المسافة المضربية والعكس
صحيح .

العلاقة بين انحدار سطح الارض وميل الطبقة :

يمكن تبين بعض الحقائق الجيولوجية الخاصة بالعمر النسبى للطبقات
الصخرية من قراءة كل من خطوط الكنتور وخطوط المضرب والوصول الى
الحقائق الآتية :

أ - عندما يكون اتجاه انحدار سطح الارض واتجاه ميل الطبقات
متعاكسين ، فان الشخص الذى يسير على سطح الارض فى اتجاه ميل
الطبقات سيقابل الطبقات الاقدم أولا ثم الاحداث والعكس صحيح .

ب - أما إذا كان انحدار سطح الأرض وميل الطبقات فى اتجاه واحد وقيمة الميل أكبر من قيمة الانحدار فإن نفس الشخص الذى يسير فى اتجاه انحدار سطح الأرض الذى هو اتجاه ميل الطبقات سيقابل الطبقات الأقدم أولاً ثم الحدث والعكس صحيح .

ج - أما إذا كان الانحدار والميل فى اتجاه واحد وقيمة الانحدار أكبر من قيمة الميل فإن نفس الشخص السابق سيقابل الطبقات الحدث أولاً والعكس صحيح .

د - أما إذا كان الانحدار والميل فى نفس الاتجاه وقيمة الانحدار تساوى قيمة الميل فإن الشخص سيسير على السطح العلوى للطبقة العليا فقط ولن يقابل طبقات أخرى .

٦ - الالتواءات : هى انثناءات فى الصخور المكونة للقشرة الأرضية ، وقد تتكون فى صورة تموجات صغيرة الحجم ، أو قد يبلغ طول الواحدة منها عشرات الكيلو مترات وعرضها عدة كيلو مترات ، وهناك جميع التدرجات فى الحجم بين هذين الحدين . ويختلف ميل الطبقات الملتوية اختلافا كبيرا فبعض الالتواءات بطيئة (خفيفة) لا يمكن ملاحظة ميل الطبقات بها إلا بطرق المساحة الدقيقة ، وبعضها تميل بدرجة ملحوظة قد تبلغ فى حداثها الوضع الرأسى أو تنقلب ويصير سطحها السفلى بعد قلبها موجها إلى أعلى . ويسمى جانب الالتواء بجناحيه ، والمستوى الذى ينصف الزاوية بين الجناحين يسمى المستوى المحورى . والخط الناتج من تقاطع المستوى المحورى مع أى سطح طبقة ما يعرف باسم المحور . وهناك عدة أنواع من الالتواءات ، الشائع منها اثنان : المحدث الذى تميل فيه أجنحته نحو الخارج ، أما المقعر فيميل جناحاه إلى الداخل نحو المحور . وقد يكون المستوى المحورى رأسيا فى التحدب أو التفرع لذا يتساوى ميل الجناحين ، ويعرف الالتواء فى هذه الحالة بالالتواء المتماثل ، أما إذا لم يكن ميل الجناحين متساويا فإن المستوى المحورى يكون مائلا ، ويعرف الالتواء بالغير متماثل . ومحور الالتواء قد يكون أفقيا أو مائلا ، فإذا كان أفقيا كانت مضارب الطبقات على الجناحين متوازية أما إذا كان المحور مائلا

فان الالتواء يسمى بالتواء المنحدر (الغاطس) وفيه تتلاقى مضارب الجناحين فى الناحية التى يميل نحوها المحور فى حالة الالتواء المحذب، وتتلاقى فى الناحية التى يميل المحور بعيدا عنها فى حالة الالتواء المقعر .

٧ - الانكسارات : وتعرف أحيانا بالصدوع أو الفوالق . والصدع هو كسر فى صخور القشرة الأرضية تحسرت كتلة الصخور على أحد جانبيه بالنسبة للكتلة التى على الجانب الآخر ، وعادة ما تكون الحركة على جانبى الصدع اما الى أعلى أو الى أسفل . وتسمى المسافة الرأسية التى تحركها أحد الجانبين بالنسبة للجانب الآخر بمرمى الانكسار . ويفصل بين الكتلتين على جانب الصدع مستوى يسمى بسطح الانكسار . وتقاطع سطح الانكسار مع سطح الأرض يعرف بخط الانكسار وهو الذى يظهر فى الخريطة الجيولوجية ، وقد يكون مستقيما أو متعرجا . وتعمل عوامل التعرية على طمس تأثير الانكسارات على طبوغرافية سطح الأرض فتزيل الجانب العلوى وتتسطح الأرض على جانبى خط الانكسار ، اما الطبقات الصخرية تحت سطح الأرض ، فان تأثير الانكسار عليها يظل كما هو على مر العصور الجيولوجية .

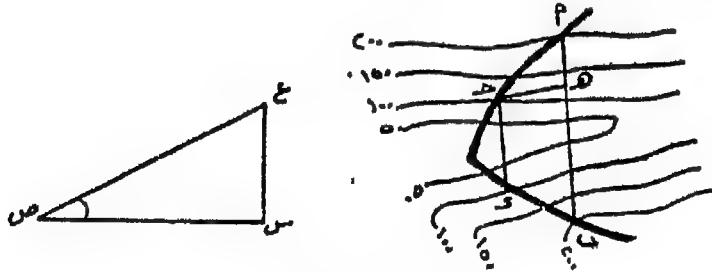
٨ - عدم التوافق : هو سطح يبين تعرية صخور قديمة أو انقطاع فى الترسيب بين صخور قديمة وأخرى أحدث منها . وينقطع الترسيب فى منطقة ما نتيجة رفع حوض الترسيب فوق مستوى سطح البحر بواسطة الحركات الأرضية . وقد تميل الطبقات أو تلتوى أثناء عملية الرفع أو بعدها ، وقد تتعرض للتصدع . وعندما تتعرض هذه الصخور المرفوعة لعوامل التعرية تزال أجزاء من الطبقات العليا منها ، فإذا ما هبطت مرة أخرى مكونة حوضا جديدا للترسيب ، فان مجموعة حديثة من الطبقات الأفقية تترسب فوق سطح التعرية . ويتميز وجود سطح عدم التوافق بطبقة من الكونجلوميرات أو البريشيا أو التيلليت أو الحصى البحرى المعروف باسم Shingle . وتشير هذه الانواع الصخرية المندمجة عند سطح عدم التوافق الى الظروف المناخية السائدة قبل هبوط سطح الأرض تحت سطح الماء ايذا نا بترسيب مجموعة صخرية أحدث . وتعرف الفترة الزمنية التى انقطع فيها

الترسيب باسم القيمة الزمنية time value . اما التكاوين الجيولوجية المفقودة فى المكان الذى يوجد فيه عدم التوافق والموجودة فى تتابع متوافق فى مكان آخر فتعرف باسم الثلثة .

٩. - حساب زاوية الميل الحقيقى : يمكن حساب زاوية ميل الطبقات الصخرية بنفس طريقة حساب زاوية انحدار سطح الارض . ويقابل المسافة الافقية العمودية بين خطوط الكنتور المسافة المضربية . ويستخدم القانون الآتى فى حساب هذه الزاوية .

ظا زاوية الميل = $\frac{\text{الفترة المضربية}}{\text{المسافة المضربية (بالمتر)}}$ وبالكشف عن قيمة ظا فى جداول الظلال ينتج لنا زاوية الميل .

ويقصد بالمسافة المضربية ، المسافة الافقية العمودية بين مضربين متتاليين . ويمكن الحصول على مضرب سطح مائل مستو برسم خط مستقيم بين نقطتى تقاطع خط كنتور معين مع ظاهر السطح العلوى أو السفلى للطبقة الصخرية المراد معرفة مقدار ميلها . كما يمكن ايجاد الميل التقريبى لمثل هذا السطح كالاتى : (شكل ٢٤٩) .



شكل رقم (٢٤٩)

- ١ - تعيين نقطتى أ ، ب وهما نقطتى تقاطع ظاهر سطح طبقة ما مع خط كنتور ٢٠٠ ، والخط أ ب الموصل بينهما هو مضرب ٢٠٠ مم .
- ب - تعيين نقطتى ج ، د وهما أيضا نقطتى تقاطع نفس الظاهر ولكن مع كنتور ١٠٠ ، الخط ج - د هو مضرب ١٠٠ .
- ج - يقام العمود ه ج بين أ ب ، ج د . ويمثل فى هذه الحالة المسافة المضربية .

د - يرسم الخط الافقى س ص فى ورقة جانبية ممثلا للمسافة المضربية
هـ ج بمقياس رسم مناسب .

هـ - من س أو ص يقام العمود س ع مساويا للفترة المضربية بين
مضربى ا ب ، ب ج وينفس مقياس رسم س ص الممثل للمسافة المضربية .
و - تقاس الزاوية س ص ع بالمنقلة ، وهى زاوية الميل المطلوبة .

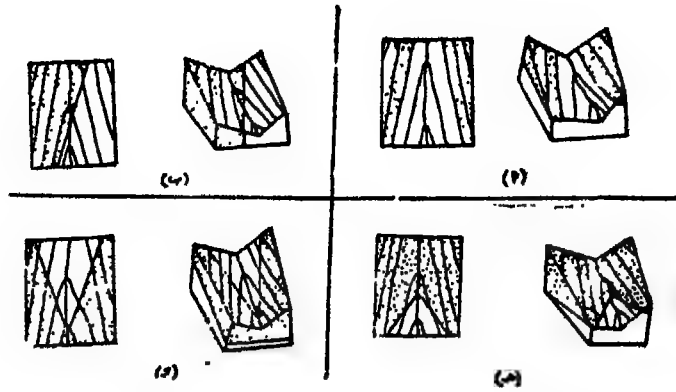
قراءة الخريطة الجيولوجية (تفسيرها) :

يمكن بفحص الخريطة الجيولوجية الحصول على معلومات هامة كثيرة
تفيد فى الدراسة الجغرافية . وبصفة عامة فانه يجب الاخذ فى الاعتبار
ثلاثة عناصر هامة عند قراءة هذه الخريطة : خطوط الكنتور ، والمكاشف
الصخرية أو ظواهر الطبقات ، وخطوط الظاهر أى أسطح الانفصال .
وبالنسبة للعنصر الاول (خطوط الكنتور) فقد نوقش فى الجزء الخاص
بالخريطة الكنتورية ، أما بالنسبة لمناطق المكاشف الصخرية فانه يجب البدء
فى تأكيد معنى الالوان أو الظلال المستخدمة فى بيان هذه المكاشف وذلك
من واقع مفتاح الخريطة . وذلك للتمييز بين ما هو خاص بالصخور النارية
وأيهما خاص بالصخور الرسوبية وأيها خاص بالصخور المتحولة . وإذا ظهر
على الخريطة مكشفين صخريين أو أكثر فيجب تعيين أعمارهما النسبية اما
من مفتاح الخريطة أو من قراءة العلاقة بين انحدارات سطح الارض وميول
الطبقات .

وتمثل الخطوط المبينة على الخريطة الجيولوجية اما خطوط ظاهر أى
أسطح انفصال بين طبقات صخرية مختلفة متوافقة ، أو أسطح عدم توافق ،
أو خطوط اتصال (تماس) بين صخور رسوبية وكتل أو قواطع أو سد نارية
أو خطوط فوالق .

وبالنسبة لخطوط الظاهر (أسطح الانفصال) يمكن وضع قواعد عامة
لمعرفة أوضاع الطبقات الصخرية .

١ - إذا لم يقطع خط الظاهر خطوط الكنتور فان الطبقة التى يحددها
خط الظاهر هذا تكون أفقية شكل (٢٥٠) .



شكل رقم (٢٥٠)

٢ - إذا كان خط الظاهر مستقيماً وليس له علاقة ثابتة بخطوط الكنتور فإن الطبقة تكون راسية أو شديدة الميل (شكل ٢٥٠ ب) .

٣ - إذا كان خط الظاهر متعرجاً ويقطع خطوط الكنتور فإن الطبقة ذات ميل متوسط . ويمكن أن نلاحظ اتجاه الميل في الودية على وجه الخصوص . فإذا كانت انثناءات خط الظاهر التي تشبه الكوع تشير إلى أعلى الوادى أى (المنابع) ، فإن اتجاه ميل الطبقة في هذه الحالة يكون عكس انحدار قاع الوادى : (شكل ٢٥٠ ج) . أما إذا كانت هذه الانثناءات تشير إلى ناحية المصب فإن اتجاه ميل الطبقة يكون في نفس اتجاه انحدار قاع الوادى (شكل ٢٥٠ د) ما لم تكن درجة الميل أقل من درجة الانحدار، وفي هذه الحالة تشير الانثناءات ناحية المنبع . ويلاحظ أنه كلما زاد عدم استواء سطح الأرض كلما زاد عدم انتظام خط ظاهرها الطبقة .

ولتسهيل تفسير الخرائط الجيولوجية والتعرف على التراكيب الجيولوجية المختلفة فقد أورد ف. ه. لاهى في كتابه القيم جيولوجيا الحقل دليلاً يمكن اتباع إرشاداته للوصول إلى هذه الغاية .

أولاً - حالة الطبقات المتوافقة :

١ - إذا ظهرت الخريطة الجيولوجية مغطاة كلها بلون أو ظل واحد،

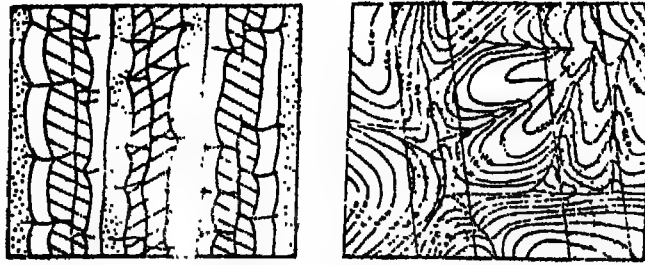
فهذا يدل على ان المنطقة الممثلة على الخريطة يتكون سطحها من نوع صخري واحد . وفى هذه الحالة اما ان تكون الطبقات أفقية ، أو مائلة بدرجة تساوى درجة انحدار سطح الارض . فان كان سطح الارض قليل التضاريس ، فمن المحتمل أن سمك الطبقة العليا محدود نسبيا ، وان كانت التضاريس وعرة أو بمعنى آخر التضاريس النسبية أو المحلية كبيرة فان سمك الطبقة العليا يساوى ارتفاع التضاريس وأكثر أى ان الطبقة سميكة (شكل ٢٥١) .



شكل رقم (٢٥١)

٢ - اذا ظهرت مكاشف الطبقات المختلفة على شكل نطاقات مستقيمة ومتوازية نسبيا ، فهذا يدل على أنها تتتابع بانتظام عبر خطوط المضرب . فإذا كان سطح الارض منبسط تقريبا ، فان هذه الطبقات تكون رأسية أو شديدة الميل . وان كان سطح الارض ينحدر بزاوية ما فان اتجاه ميل الطبقات يكون عكس اتجاه انحدار السطح . أما إذا كانت التضاريس مرتفعة (وعرة) ولم تنحرف المكاشف فى الاودية العمودية على اتجاه التضاريس نحو المنبع أو المصب فان الطبقات تكون فى وضع رأسى . وان انحرفت على شكل أكواع ناحية المصب أو المنبع ولكن بانثناءات بسيطة فان الطبقات تميل بزاوية كبيرة . ويكون اتجاه الميل فى نفس اتجاه انحدار سطح الارض، اذا كانت انثناءات المكشف منحرفة ناحية مصبات الاودية أما اذا كانت منحرفة تجاه المنابع فان اتجاه ميل الطبقات عكس اتجاه انحدار سطح الارض .

وفى كل هذه الحالات فان مكاشف الطبقات تتكرر على جانبي الوادى الرئيسى الموازى لاتجاه التضاريس . بمعنى اذا اتجهنا من أحد الجانبين نحو الجانب الآخر عبر قاع الوادى فان الطبقات التى ستقابلنا أولا على هذا الجانب ستكون هى آخر الطبقات التى ستقابلنا على الجانب الآخر والعكس صحيح (شكل رقم ٢٥٢ ، ٢٥٣) .



شكل رقم (٢٥٣)

شكل رقم (٢٥٢)

٣ - إذا كان سطح الأرض قليل التضاريس وتقطعه الودية التالية Subsequent التى تفصل بينها كويستات متقابلة ، وكانت واجهات هذه الكويستات والانهار التالية يتوازيان فى اتجاههما مع نطاقات المكاشف، فإن التركيب الجيولوجى فى هذه الحالة من نوع : الالتواءات المحدبة إذا كانت الطبقات القديمة محاطة من الجانبين بطبقات حديثة ، ويكون التركيب من نوع الالتواءات المقعرة إذا أحاطت الطبقات القديمة بالطبقات الاحداث . ويكون الالتواء متمائلا إذا كان اتساع المكاشف على جانبى محور الالتواء متساويا والعكس صحيح ، أى إذا كانت غير متساوية على الجانبين فإن هذه الالتواءات تكون غير متماثلة Assynetrical .

٤ - إذا ظهرت المكاشف على شكل نطاقات متعرجة ، والتضاريس عالية وخطوط المظاهر (أسطح الانفصال) متوازية تقريبا مع خطوط الكنتور وتتبع الودية معطية بذلك شكل شجرى متفرع ، وعند تتبع هذه المكاشف عند المنابع تراها ملتفة تشير نحو أعلى المجرى ، ويتتبعها فى اتجاه المصب تراها ملتفة حول بروزات أراضى ما بين الودية ، فإن الطبقات الصخرية تكون أفقية أو قريبة جدا من الوضع الأفقى (شكل ٢٥٤) .

٥ - إذا كانت التضاريس وعرة وخطوط المظاهر تقطع خطوط الكنتور وتلتف على قيعان الودية ، وعلى أراضى ما بين الودية ، وتكون هذه الالتفافات فى الودية تجاه الطبقات الحديثة ونحو المنابع أو المصب ، وعلى أراضى ما بين الودية تجاه الطبقات القديمة ونحو مقدماتها أو مؤخراتها ،

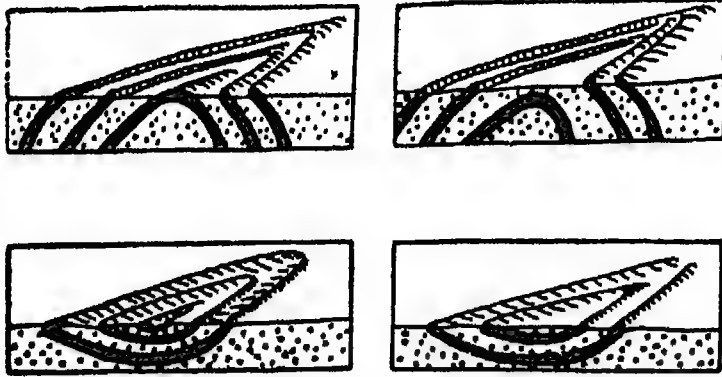
فان الطبقات الصخرية هنا تكون مائلة ودرجة ميلها أكبر من درجة انحدار سطح الارض .



شكل رقم (٢٥٤)

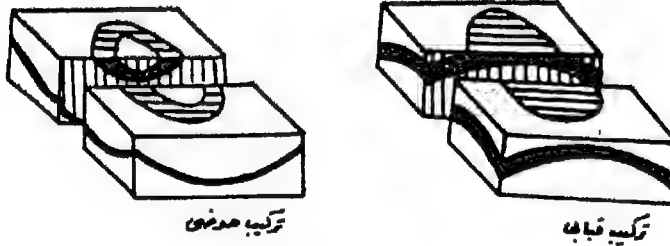
٦ - فى حالة التضاريس المنخفضة أو المرتفعة و سطح الارض على شكل حافات ممتدة موازية لنطاقات المكاشف وخطوط الظاهر موازية تقريبا لخطوط كنتور الودية الطولية الواقعة بين سلاسل التلال ولكنها تقطع خطوط كنتور الروافد الجانبية ، فان التركيب الجيولوجى هنا هو التواء محذب أو مقعر من النوع الغاطس Plunging وتظهر الطبقات القديمة محاطة بالطبقات الحديثة فى المحدثات والعكس فى المقعرات . ونجد فى الالتواءات المحدبة الغاطسة أن الطبقات تنحني وتلتف الى الجهة الاخرى من الوادى وانحناءها يكون ناحية الجهة التى يميل نحوها المحور . أما فى الالتواءات المقعرة الغاطسة فانها تنثنى وتلتف نحو جهة عكس (ضد) ميل المحور . وعادة تظهر الحافات بانحدار شديد على الجانب العكسى (شكل ٢٥٥) .

٧ - اذا ظهرت المكاشف على شكل نطاقات دائرية أو شبه دائرية ومقفولة ، وكانت خطوط الظاهر موازية الى حد ما لخطوط الكنتور ،



شكل رقم (٢٥٥)

والتضاريس على شكل حافات دائرية أيضا متتابعة تفصلها عن بعضها خطوط تصريف سطحي موازية لها ، فان تركيب الطبقات هنا يكون قبابي اذا كانت الطبقات تتدرج من الاقدم الى الاحداث نحو الخارج في كل الاتجاهات من مركز نطاقات المكاشف. اما اذا كانت الطبقات تتدرج من الاحداث الى الاقدم نحو الخارج في كل الاتجاهات من المركز فالتركيب يكون التواء حوضي (شكل ٢٥٦) .

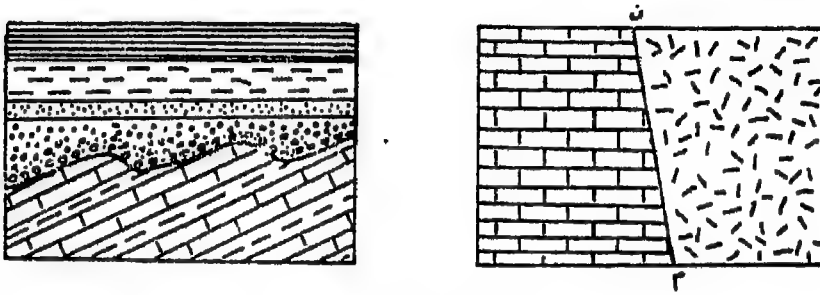


شكل رقم (٢٥٦)

ثانيا - حالة الطبقات غير المتوافقة :

يظهر عدم التوافق في الخريطة الجيولوجية على شكل خط منتظم أو غير منتظم تنتهي أمامه طبقات أحد التكوينين المجاورين له . ولكن قد ينظر الى الخط الفاصل بين صخر ناري متداخل وصخور أخرى رسوبية أو متحولة على أنه خط عدم توافق أو على أنه خط تماس داخلي . وينبغي للتمييز

بين النوعين معرفة العمر النسبى للتكوينين على جانبى هذا الخط فان كان الصخر النارى المتداخل أحدث من الصخر الرسوبى أو المتحول فان هذا الخط عبارة عن خط تماس داخلى ، أما اذا كانت الصخور الرسوبية أو المتحولة هى الاحداث فانها تكون قد ترسبت فى عدم توافق ويصبح الخط خط عدم توافق صحيح . ويبين (شكل ٢٥٧) تماس منتظم بين صخور متداخلة وصخور رسوبية ب . اذا كانت ا أحدث من ب فان ا قد تداخل فى ب فيصبح الخط ن م تماسا ناريا . أما اذا كانت ا أقدم من ب فان ب تكون قد ترسبت فى عدم توافق ا ويصبح ن م خط عدم توافق .



شكل رقم (٢٥٧)

أما بالنسبة عن اللاتوافق Nonconformaty فمن الصعب الكشف عنه . ويستدل عن وجوده من مفتاح الخريطة ، وذلك بملاحظة عدم وجود تكاوين كان يجب أن تكون موجودة بين الطبقات اللاتوافقية .

ثالثا - حالة الصخور النارية :

تظهر الصخور النارية فى الطبيعة اما على شكل قواطع Dykes أو سدود Sills أو كتل محدودة الحجم نسبيا (لاكوليث) Laccolith أو كتل كبيرة الحجم جدا غير منتظمة الشكل (باثوليت) Batholith وبالنسبة للقواطع ، فهى عادة تكون رأسية أو مائلة بشدة وتظهر على الخرائط الجيولوجية بنفس مظهر الطبقات الصخرية الرسوبية الرأسية أو شديدة الميل ، ولكن يميزها اللون أو الظل الخاص بها بالرجوع الى مفتاح الخريطة . أما السدود فانها تبدو على شكل طبقات أفقية يميزها لونها أو ظلها أيضا .

اما اللاكوليث ذو النـزع الافقى فيظهر على شكل مساحات كبيرة مقفلة يحيط بها الصخور الرسوبية المائلة نحو الخارج . اما اذا كان هذا اللاكوليث مائلا اصلا فمكشفه يظهر عدسى الشكل . اما الباثوليث فان مكاشفه اكبر لتساعا فى مكاتف اللاكوليث ويتميز بشكله غير المنتظم .

القطاعات الجيولوجية

من الملحقات المفيدة فى قراءة الخريطة الجيولوجية قطاع يرسم بين نقطتين أو اكثر فى اتجاه معين يبين أوضاع الطبقات وترتيبها فى المستوى الرأسى . ويفسر القطاع الجيولوجى كثيرا من الظواهر التضاريسية التى تهـم الجغرافى . ويجرى اختيار وتحديد مكان القطاع حسب المعلومات الاساسية التى يراد ابرازها لتأكيدـها . وفى العادة فانه يرسم عموديا على اتجاه مضارب الصخور الطباقية بحيث يبين ميلها الحقيقى . اما فى حالة رسم قطاع يبين الالتواءات الخاطسة فيجب رسمه موازيا للمحور . ولرسم قطاع جيولوجى صحيح يمثل معظم الخصائص البنيوية للمنطقة المبينة على الخريطة نجرى الآتى :

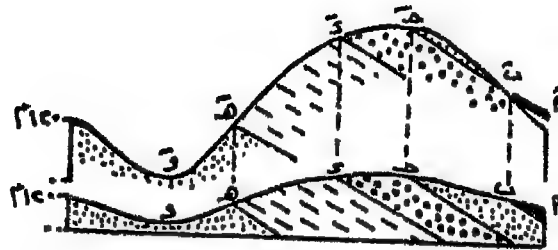
١ - بعد تحديد خط القطاع على الخريطة ، يرسم قطاع تضاريس عادى ، كما سبق شرحه ليبين شكل سطح الارض . وعند نقل نقط تقاطع خطوط الكنتور مع خط القطاع ، ينقل معها نقط تقاطعه مع خطوط الظاهر للطبقات المختلفة وكذلك خطوط الانكسارات وخطوط محاور الالتواءات وخطوط عدم التوافق ، ويجرى تمييزها حتى لا تختلط مع نقط تقاطع خطوط الكنتور .

٢ - توقع على القطاع التضاريسى العادى مواقع نقط حدود الطبقات ثم تمد من كل نقطة خط يميل عن الخط الافقى بمقدار زاوية الميل المستنتجة حسابيا وحسب اتجاه خط القطاع بالنسبة للطبقات . ويراعى اضافة الانكسارات والمحاور وغير ذلك مما وقع على ورقة النقل .

٣ - هناك طريقة عملية وبسيطة لرسم التفاصيل الجيولوجية على القطاع التضاريسى ، ولو أن هذه الطريقة ليست دقيقة الى درجة الكمال .

وتتلخص فى اسقاط قيم خطوط المضرب لأسطح الطبقات (خط الظاهر)
كل على حدة ، ولجميع الوحدات الجيولوجية الأخرى ، ثم نوصل النقاط
الناجمة لكل سطح على حدة .

٤ - يجب أن يتساوى مقياس كل من المحورين الأفقى والرأسى فى
القطاع الجيولوجى . وتستوجب المبالغة فى مقياس الرسم الرأسى تعديل
لجميع الميول ، وهذا يؤدى الى اعطاء فكرة خاطئة عن التركيب ، ومن ناحية
أخرى ينتج عند توقيع الميول بقيمتها الصحيحة على القطاع مع المبالغة فى
مقياس رسمه الرأسى أخطاء عديدة كما هو موضح فى (شكل ٢٥٨) .



شكل رقم (٢٥٨)

يبين (شكل ٢٥٨) الأخطاء الناتجة من المبالغة فى مقياس الرسم الرأسى
للقطاع الجيولوجى ، فقد رسم المحور الأفقى بمقياس رسم الخريطة ، أما
المحور الرأسى فقد رسم بمبالغة قدرها ثلاث مرات . وأثار هذه المبالغة هى :

أ - جعل الطبقات عند بَ تميل خارج التل بدلا من داخله مثل
عند ب .

ب - جعل طبقة الجريت عند جَ تظهر عند نقطة بَ ، وهذا غير
واقعى أو حقيقى .

ج - تغير سمك الطبقات (قارن سمك الحجر الرملى بين د ، ه وذلك
بين دَ ، هَ) .

تظلل الطبقات أو تلون بنفس الظلال أو الألوان المستخدمة فى الخريطة .

الربط بين الخريطة الكنتورية والخريطة الجيولوجية فى الدراسات الجيومورفولوجية

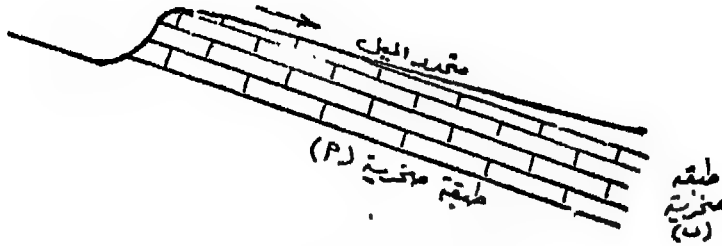
يستطيع الجغرافى الحصول على بيانات ونتائج طيبة من الربط بين كل من الخريطتين الكنتورية والجيولوجية . ويتم هذا الربط بوضع الخريطة الكنتورية المرسومة على ورق الكلك فوق الخريطة الجيولوجية ، وسرعان ما يلاحظ كثيرا من الاشكال التضاريسية التى يمكن أن ترجع أصول نشأتها الى عوامل جيولوجية ، او قد يشترك العامل الجيولوجى مع العامل الجيومورفولوجى فى تشكيلها . فكثيرا من الاشكال التضاريسية تصنف على أنها تحتاتية النشأة Erosional بينما هى ذات أصول بنيوية ، ثم تعرضت لبعض عمليات النحت ، ومن ثم وصفت بأنها تحتاتية على أساس تاثيرها بتلك العمليات الاخيرة . مثال ذلك كثير من الجروف التى نتجت فى الاصل عن انكسارات عادية أو غير عادية ولكنها تراجعت عن مواضعها بفعل التعرية تراجعا كبيرا . وربما اصبح بعضها يشكل جانبا لوادى نهري ، ومثال ذلك الاودية التالية Suesequent التى تنشأ على طول مناطق الضعف البنىوى كخط انكسار أو على امتداد خطوط الظاهر . وهناك أمثلة كثيرة من الظاهرات الجيومورفولوجية يلزم لشرحها وتعليل نشأتها الاستعانة بالخريطة الجيولوجية . (راجع موضوعات المصاطب ونقط التجديد فى التعرية النهرية على سبيل المثال) .

وبصفة عامة فان لكثير من الصخور تعبيراتها الجيومورفولوجية ، وهذه أمثلة منها يمكن تناولها كامثلة على أهمية الربط بين الخريطة الكنتورية والخريطة الجيولوجية :

١ - تمتد سلاسل التلال الموضحة على الخريطة الكنتورية فى الغالب فى اتجاه خطوط المضارب بصفة عامة .

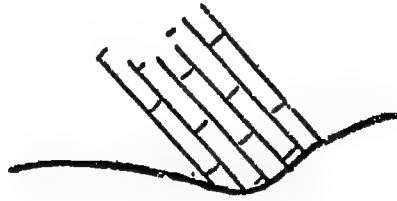
٢ - تشير الانحدارات الشديدة التى تعلوها انحدارات خفيفة (تقارب خطوط الكنتور وتباعدها) الى وجود تعاقب من صخور صلبة ولينة تميل بزاوية صغيرة . ويشير الانحدار الخفيف الذى يمتد لمسافة أطول من الانحدار الشديد الى اتجاه الميل ، بينما يمثل الانحدار الشديد اتجاه خطوط المضرب

تقريباً • وبالهبوط من الحافة شديدة الانحدار الى الارض المنبسطة فاننا
ننتقل من صخور احدث الى صخور اقدم والعكس صحيح (شكل ٢٥٩) •



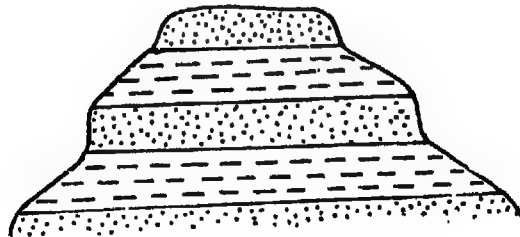
شكل رقم (٢٥٩)

٣ - اذا كان هناك اختلاف بسيط في درجات انحدار السطح ، فانه
من المحتمل أن تكون درجة ميل الصخور أكبر من درجة انحدار سطح
الارض (شكل ٢٦٠) •



شكل رقم (٢٦٠)

٤ - عند تعاقب صخور صلبة وأخرى ليينة ذات وضع أفقى فان التلال
تظهر بقمم مسطحة والسفوح على شكل انحدار سلمى (شكل ٢٦١) :



شكل رقم (٢٦١)

٥ - تدل الانحناءات النهرية فوق قاع وادى متسع على أن النهر فى هذه المنطقة يجرى فوق صخور لينة (ارسابات غرينية) وتتكون ضفتيه من الطمي ، ولا تظهر عادة المكاثف الصخرية على سطح الارض .

٦ - اما الانحناءات النهرية الفجائية الحادة فتشير الى أن النهر ربما يتبع فى جريانه فواصل أو شقوق فى الصخر ، خاصة فى الصخور الجيرية .

٧ - عندما تنحدر الانهار أودية خانقية فى منطقة معينة ، فربما تنجرى فوق صخور صلبة واتجاه جريانها فى هذه الحالة يكون متوافق مع اتجاه الميل أو ضده .

٨ - يشير اختفاء المجارى النهرية تحت سطح الارض ومعاودة ظهورها فوقه مرة أخرى الى أنها تنحدر فوق صخور مسامية وأخرى غير مسامية ، أو صخور ذات نفاذية ميكانيكية وتكون فى الغالب حجر جبرى .

٩ - تشير مساقط المياه (الاجزاء من القطاع الطولى للنهر الذى تنحدر فوقه المياه بشدة) بصفة عامة الى أن النهر يجرى فوق مكشف من صخر صلب يقع أسفله مباشرة صخور لينة ، وزاوية الميل فى هذه الحالة صغيرة واتجاهه نحو المنابع ، أو أن النهر ينحدر على مكشف من صخر صلب يعترض مجراه ويميل بزاوية كبيرة . وقد يقطع تيار النهر هذا الصخر المعترض ويظهره على شكل جنادل (شكل ٢٦٢) .



شكل رقم (٢٦٢)

١٠ - تظهر الينابيع عند أسطح الانفصال بين طبقات مسامية عليا وأخرى غير مسامية تقع أسفل منها . أما إذا كان خط الينابيع يبدو على شكل خط مستقيم فمن المحتمل أنها تقع على طول خط انكسار ، ويصاحب ينابيع خطوط الانكسار عادة أراضى سبخية على طول منطقة الانكسار . Fault Zone

١١ - تشير الاودية التى تظهر قطاعاتها العرضية على شكل حرف V وتظهر جوانبها على شكل مقدمات متداخلة لأراضى ما بين الاودية ، وهذه المقدمات متعاقبة على الجانبين ، تشير الى أن هذا الوادى قد أنشأه هذا النهر الذى يجرى فوق قاعه .

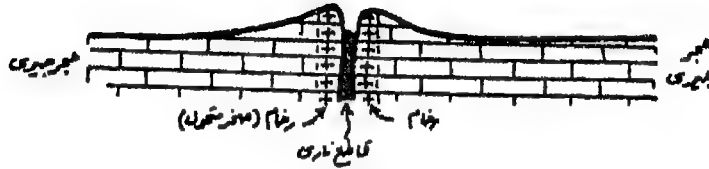
١٢ - تدل الاودية التى تظهر قطاعاتها العرضية على شكل حرف U ولا يظهر على جوانبها تداخل فى مقدمات أراضى ما بين الاودية ، بل تظهر هذه المقدمات على شكل حوائط مشطوفة على أنها أودية جليدية .

١٣ - تدل المناطق المسطحة الواقعة خلف المنطقة الساحلية والمنحدرة انحدارا خفيفا نحو البحر الى احتمال كونها رصيف بحرى قديم أو شاطئ مرتفع .

١٤ - ربما ترجع المصاطب التى على جانبنى الوادى الى تركيب جيولوجى معين - انكسار سلمى - وقد تكون أسطح تعرية قديمة (مصاطب نهريه) اذا كانت مكونة من ارسابات نهريه قديمة .

١٥ - تميل الصخور الصلبة بصفة عامة الى تكوين ظاهرات تضاريسية مرتفعة عن سطح الارض المنبسطة المجاورة التى تتكون من صخور لينة . فالصخور التى يمينها تركيبها الكيميائى والميكانيكى قوة مقاومة لعمليات التعرية تميل الى تكون مناطق مرتفعة . فالمظهر التضاريسى لصخر الجرانيت عبارة عن حافات وعرة وقمم شامخة . ولكن لا ينبغى أخذ هذا المبدأ على أنه قاعدة عامة تنطبق على كل الاحوال . فالصلصال رغم أنه صخر ضعيف ينعكس فى تضاريس منخفضة ذات خطوط انسيابية ، الا أنه يمكن أن يقف على شكل حافات شديدة الانحدار عندما يتقبع بصخور صلبة أكثر مقاومة . وتشكل صخور الحجر الجيرى والطباشير ، بصفة عامة أراضى عالية رغم أن كليهما ليس شديد المقاومة ، كما أنهما شديدا التأثير بعمليات التحلل الكيميائى بواسطة المياه المحتوية على أكاسيد الكربون ولكن فى ظل الظروف المناخية الجافة يصيرا شديدى المقاومة لعمليات التعرية . كما أن وجود الصوان فى الحجر الجيرى عادة يكسبه درجة مقاومة أكبر .

ويتوقف بروز الصخور على شكل تضاريس مرتفعة على مناسيب المناطق المجاورة فقواطع البازلت مثلا عندما تتداخل فى الصخور الرسوبية فانها بمقاومتها الشديدة جدا لعوامل التعرية بالمقارنة مع الصخور الرسوبية المحيطة بها فانها تظهر على شكل كتل حائطية الشكل ، لكنها اذا تداخلت فى صخور الجرانيت فانها تظهر على شكل حفر عميقة . واحيانا يكون القاطع اقل مقاومة من الصخور الرسوبية المحيطة به والتي تحولت بفعل الحرارة ، فتظهر هذه الصخور المتحولة على شكل حوائط شامخة تطل على مناطق الصخور الرسوبية المجاورة والتي لم تتأثر بالتحول ، كما انها تظهر على شكل حوائط مشقوقة ومبتورة نتيجة لازالة عوامل التعرية لصخور القاطع الضعيفة (شكل ٢٦٣) .



شكل رقم (٢٦٣)

المراجع الرئيسية

أولا - المراجع العربية :

- ١ - حسين فهمى صادق : المساحة البحرية للشواطئ والموانئ . الاسكندرية
١٩٣٦ .
- ٢ - على شكرى وزملائه : المساحة المستوية - طرق الرفع والتوقيع .
الاسكندرية ١٩٨٠ .
- ٣ - على شكرى وزملائه : المساحة التصويرية . الاسكندرية ١٩٧١ .
- ٤ - على شكرى وزملائه : المساحة المستوية - الكميات والميزانيات .
الاسكندرية ١٩٨٥ .
- ٥ - على عبد الوهاب شاهين : بحوث فى الجيومورفولوجيا . الاسكندرية
١٩٧٧ .
- ٦ - على موسى : أسس الجغرافيا الطبيعية . دمشق ١٩٨٠ .
- ٧ - فتح الله عوض وزملاؤه : جيولوجيا الحقل - مترجم . القاهرة
١٩٦٧ .
- ٨ - محب الدين حسين وزملاؤه : المساحة الجيولوجية ومساحة المناجم
والانفاق . القاهرة ١٩٧٩ .
- ٩ - محمد رجائى الطحلاوى : الجيولوجيا التصديرية . الكويت ١٩٧٩ .
- ١٠ - محمد صبحى عبد الحكيم وزميله : علم الخرائط . القاهرة ١٩٦٦ .
- ١١ - محمد فريد أحمد فتحى : مساقط الخرائط ، الخرائط التضاريسية ،
أجهزة قياس عناصر الجو . فصله من الكتاب السنوى لأسرة المواد
الاجتماعية بالاسكندرية . الاسكندرية ١٩٧٣ .
- ١٢ - محمد فريد أحمد فتحى : المساحة للجغرافيين - جزءان . الاسكندرية
١٩٨٣ .

- ١٣ - محمد متولى موسى وزميله : قواعد الجغرافيا العملية . القاهرة
١٩٦٩ .
- ١٤ - محمد محمد سطيحة : خرائط التوزيعات الجغرافية - دراسة فى
طرق التمثيل الكرتوجرافى . القاهرة ١٩٧١ .
- ١٥ - محمود عبد اللطيف عصفور وزميله : الخرائط ومبادئ المساحة .
- ١٦ - مراد ابراهيم يوسف وزميله : الخرائط الجيولوجية . القاهرة ١٩٦١ .
- ١٧ - نقولا ابراهيم : مساقط الخرائط . الاسكندرية ١٩٨٢ .
- ١٨ - هيئة المساحة المصرية : لوحات من أطلس مصر الطبوغرافى مقياس
١ : ١٠٠.٠٠٠ ، ومقياس ١ : ٢٥٠.٠٠٠ .
- ١٩ - ادارة المساحة الجوية - وزارة البترول والثروة المعدنية بالملكة
العربية السعودية : خرائط جغرافية ولوحات طبوغرافية من مقاييس
مختلفة .
- ٢٠ - وكالة تخطيط المدن - وزارة الشئون البلدية والقروية بالملكة العربية
السعودية : خرائط جغرافية ولوحات طبوغرافية من مقاييس
مختلفة .
- ٢١ - لوحات طبوغرافية بمقاييس رسم مختلفة (المملكة المغربية) .
- ٢٢ - لوحات طبوغرافية مقياس بوصة للميل (انجليزية) .
- ٢٣ - لوحات طبوغرافية فرنسية .
- ٢٤ - لوحات طبوغرافية من الولايات المتحدة الامريكية .

ثانيا - المراجع الاجنبية :

1. Allum, J.A.E., 'Photogeology and Regional Mapping'. New York, 1978.
2. Bannister, A. & Raymond, S. Surveying. London, 1979.
3. Elyth, F.G.H., 'Geological maps and their interpretation.' Kent, 1979.
4. Bryant, V.S. & Hughes, T. H., 'Map Work,, Oxford, 1934.
5. Bygott, J., 'An Introduction to Map Work and Practical Georaphy'. London, 1952.
6. Craig, J. I., 'The Theory of Map-Projections'. Cairo, 1933.
7. Curran, H. A. & Others, 'Atlas of Landforms'. London, 1973.
8. Dickinson, G. C., 'Statistical mapping and presentation of statistics'. London, 1977.
9., 'Maps and Air Photographs'. London, 1979.
10. Himus, G. W. & Sweeting G. S., 'The elements of Field Geology. London, 1951.
11. Jackson, N. & Penn, Ph., 'A Groundwork of physical Geography,, London, 1978.
12. Kilford, W., 'Elementary Air Survey'. London, 1975.
13. Miller, V. C. & Miller, C. F., 'Photogeology., London, 1961.
14. Pickles, T., 'Map Reading.' London, 1947.
15., 'Intermediate Map Reading.' London, 1951.

16. Platt, J. I. & Challinor, J., 'Simple Geological Structures., London 1968.
17. Pritchard, J. M., 'Practical Geography for Africa' London, 1984.
18. Roberts, A., 'Geological Structures and Maps., London, 1974.
19. Robinson, A. H. & Sale, R. D., 'Elements of Cartography.' New York, 1969.
20. Simpson, B., 'Geological Map Exercises.' London, 1960.
21. Strahler, A. N., 'Physical Geography.' New York, 1971.
22. Wanless, H. R., 'Introduction to Aerial Stereo Photographs., Illinois, 1973.
23. Wilkinson, H.R. & Monkhouse, F.J., 'Maps and Diagrams., London, 1974.

